



Projeto da estrutura e sistema de movimentação robotizado de linha automática de corte de chapa

HÉLDER TIAGO COSTA MOREIRA

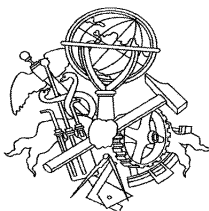
Outubro de 2013

Projeto da estrutura e sistema de movimentação robotizado de
linha automática de corte de chapa

Dissertação submetida para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



24 de outubro de 2013

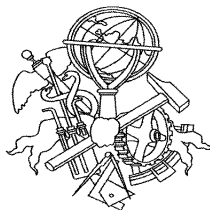
Relatório da Unidade Curricular de Dissertação do 2º ano do Mestrado em Engenharia
Mecânica

Candidato: Hélder Tiago Costa Moreira, N°1040809, 1040809@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, rds@isep.ipp.pt

Co-orientação Científica: Adriano Manuel de Almeida Santos, ads@isep.ipp.pt

Mestrado em Engenharia Mecânica
Departamento de Engenharia Mecânica
Instituto Superior de Engenharia do Porto



24 de outubro de 2013

Agradecimentos

Gostaria de inicialmente agradecer ao meu orientador, Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho, pela possibilidade de orientar esta tese final de mestrado em Engenharia Mecânica. Agradeço toda a disponibilidade prestada e todo o conhecimento transmitido ao longo desta tese. Agradeço também ao co-orientador Adriano A. Santos pela ajuda mostrada. Finalmente, agradeço a todas as pessoas que colaboraram para a obtenção deste resultado final.

Resumo

Os robots de movimentação de chapa são bastantes úteis para as empresas de metalomecânica. De facto, cada vez mais existem máquinas de corte por jato de água, laser ou outros processos, nos quais os robots apresentam um papel importante na carga e descarga do material. O trabalho realizado apresenta novas soluções aos sistemas de movimentação existentes no mercado, e permite reduzir os custos na movimentação do material. Este projeto serve essencialmente para chapas em trajetória retilínea, e efetuar o seu levantamento do equipamento e deposição em estrutura de suporte (ou vice-versa). A vantagem a ter em conta é a diminuição dos custos de movimentação do material. Neste trabalho apresentou-se a metodologia de dimensionamento de um robot automatizado que transporta chapas com um peso máximo de 3500 kg, tendo por base as normas do EC3-P1.8 e o Método de Elementos Finitos (MEF). No decurso do projeto foram abordadas os seguintes temas:

- Abordagem inicial da geometria através do Solidworks;
- Dimensionamento da estrutura por *software* de Elementos Finitos, o Solidworks;
- Dimensionamento das correntes, carretos/discos ou coroas e rolamentos;
- Dimensionamento e seleção dos moto-redutores, bomba de vácuo e ventosas;
- Cálculo das solicitações em cada membro da estrutura por *software* de análise estrutural, o Multiframe3D, e respetivo dimensionamento das ligações aparafusadas e soldadas;
- Elaboração dos desenhos de projeto finais, processos de fabrico e custos;
- Dimensionamento do acionamento, MG e disposição dos dispositivos no quadro elétrico.

Como conclusão refere-se que se conseguiu realizar o projeto e obter uma solução final otimizada, com a ajuda de ferramentas importantes, como sejam o MEF, resultando num equipamento cujas solicitações para a estrutura e sistema de movimentação foram otimizadas, resultando num equipamento eficiente, robusto, seguro e de custo reduzido.

Abstract

Robots for moving plates are quite useful for metalworking companies. In fact, there are more and more machines, such as water jet cutting, laser or other processes in which these robots have an important role in the loading and unloading of the material. This work presents new solutions for the existing moving systems in the market, and enables cost savings in material handling. This project is essentially intended to move plates in a straight path, and provide their lifting and deposition in support structures (or vice versa). The advantage to account for is the decrease in the cost of material handling. This work presented the methodology for designing a robot that carries automated plates with a maximum weight of 3500 kg, based on the rules of Eurocode 3 and the Finite Element Method. In the course of the project, the following topics were addressed:

- Initial approach to the geometry through Solidworks;
- Structure design by finite element software, Solidworks;
- Design of the chains, sprockets/discs or crowns and bearings;
- Design and selection of gearmotors, vacuum pump and suction cups;
- Calculation of loads in each member of the structure by structural analysis software, Multiframe3D, and the respective design of bolted and welded connections;
- Preparation of final design drawings , manufacturing processes and costs;
- Design of the driving system, GRAFCET method and arrangement of the devices in the electrical board.

As a conclusion it is stated that the project been achieved and optimized to obtain a final solution, with the help of important tools such as Finite Elements, resulting in a device whose requests for structure and motion system were optimized , resulting in an efficient, robust, secure and cost-effective equipment.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	IX
ÍNDICE.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XV
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIX
NOMENCLATURA.....	XXI
CARATERES ROMANOS.....	XXV
CARATERES GREGOS.....	XXVII
OPERADORES.....	XXIX
ABREVIATURAS.....	XXXI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 MANUSEAMENTO DE MATERIAIS EM AMBIENTE DE FÁBRICA.....	5
2.1.1 <i>Sistemas robotizados.....</i>	6
2.1.2 <i>Sistemas aéreos.....</i>	12
2.1.3 <i>Transportadora de rolos (conveyors).....</i>	16
2.1.4 <i>Estruturas mecânicas de transporte.....</i>	19
2.1.5 <i>Outros sistemas de manuseamento.....</i>	21
2.2 ESTRUTURAS METÁLICAS.....	23
2.2.1 <i>Projeto de estruturas metálicas.....</i>	23
2.2.2 <i>Materiais utilizados no projeto de estruturas metálicas.....</i>	25
2.2.3 <i>Tipos de soluções para estruturas metálicas.....</i>	26
2.2.4 <i>Métodos de união entre componentes.....</i>	31
2.2.5 <i>Sistemas de deslizamento/movimento relativo.....</i>	35
2.3 MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	36
2.3.1 <i>Introdução ao Método de Elementos Finitos.....</i>	36
2.3.2 <i>Vantagens da utilização em projeto/dimensionamento.....</i>	37
2.3.3 <i>Software comercial e potencialidades em projeto de estruturas.....</i>	38
2.3.4 <i>Exemplos de dimensionamento em software.....</i>	39
2.4 SISTEMAS DE ACIONAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS.....	44

2.4.1	Sistemas eletromecânicos.....	46
2.4.2	Sistemas óleos-hidráulicos.....	48
2.4.3	Sistemas pneumáticos.....	50
3	PROJETO DO EQUIPAMENTO.....	51
3.1	DESCRIÇÃO E REQUISITOS DA ESTRUTURA A PROJETAR.....	52
3.2	DEFINIÇÃO DAS SOLICITAÇÕES IMPOSTAS	54
3.3	SISTEMA DE ACIONAMENTO	59
3.3.1	Seleção do tipo de acionamento.....	59
3.3.2	Projeto e dimensionamento do sistema de acionamento.....	60
3.4	PROJETO MECÂNICO DO EQUIPAMENTO	75
3.4.1	Anteprojeto.....	76
3.4.2	Projeto mecânico pelo Método de Elementos Finitos.....	80
3.4.2.1	Simulações realizadas.....	82
3.4.3	Dimensionamento das ventosas e da bomba de vácuo.....	89
3.4.4	Projeto das uniões na estrutura	93
3.4.5	Processos de fabrico e desenhos de pormenor.....	107
3.4.7	Análise de custos.....	116
3.4.8	Sistema de controlo do robot	118
4	CONCLUSÕES	127
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	129
	ANEXO A.	135
	ANEXO B.	137
	ANEXO C.	139
	ANEXO D.	141
	ANEXO E.	143
	ANEXO F.....	147
	ANEXO G.....	149
	ANEXO H.....	151
	ANEXO I.....	155
	ANEXO J.....	157
	ANEXO K.....	159
	ANEXO L.	161
	ANEXO M.	163
	ANEXO N.	165
	ANEXO O.....	169
	ANEXO P.....	173

ANEXO Q.....	177
ANEXO R.	181

Índice de Figuras

Figura 1 – Diagrama de Gantt.	2
Figura 2 - Robot de estrutura revoluta [6].	7
Figura 3 - Robots de estrutura cartesiana [5,8].	8
Figura 4 - Robot de estrutura pendular [8].	9
Figura 5 - Robot de estrutura polar (esférica) [8].	9
Figura 6 - Robot de estrutura “Scara” [5].	11
Figura 7 - Robot de estrutura “spine” [8].	11
Figura 8 – ABB FlexPicker [9].	12
Figura 9 - Ponte rolante monoviga suspensa [13].	13
Figura 10 - Ponte rolante biviga [13].	14
Figura 11 - Ponte rolante suspensa [12].	14
Figura 12 - Travessa de Carga VHN [13].	15
Figura 13 – Pórticos [11].	16
Figura 14 - Semi-pórticos [11].	16
Figura 15 - Transportadora de Rolos [4].	17
Figura - 16 Rolos [4].	17
Figura 17 - Transportador de corrente exterior [4].	18
Figura 18 – Transportador sem sistema de acionamento [4].	18
Figura 19 - Vacu-Lift [17].	19
Figura 20 - Carregadora de chapa e pá basculante [18].	19
Figura 21 - Zorra de transporte com embalagem ou transportadora [18].	20
Figura 22 - Robot móvel [5].	20
Figura 23 - Robot móvel (servo assistida) [5].	20
Figura 24 - Carrinhos de manuseamento [19].	21
Figura 25 - Paleteira [20].	21
Figura 26 - Empilhadora [21].	22
Figura 27 - Guindaste [22].	22
Figura 28 Plataformas de carga e mesas e plataformas hidráulicas [23].	23
Figura 29 - AGV [23].	23
Figura 30 - Edifício tipo industrial [30].	27
Figura 31 - Sistemas de pórticos [26].	27
Figura 32 - Modelo estrutural triangulada [27].	28
Figura 33 - Sistema de contraventamento e opções [30].	29

Figura 34 - Vários sistemas de contraventamento [30].	29
Figura 35 - Estádio de Lille com chapas de revestimento [28].	30
Figura 36 - Tanque de uma máquina de corte.	31
Figura 37 - Transportadora Horizontal de matéria-prima.	31
Figura 38 - Robô de rotação e movimentação.	31
Figura 39 - Várias formas de solicitações.	32
Figura 40 - Várias Ligações [24].	33
Figura 41 - Cordões de soldadura [28].	34
Figura 42 - Modelo de malha.	39
Figura 43 - Nó dos apoios.	41
Figura 44 - Nós do vão.	41
Figura 45 - Carro de transporte [61].	42
Figura 46 - Pontos que foram restringidos [61].	42
Figura 47 - Local da carga aplicada e a distância entre as cargas [61].	43
Figura 48 - Eixo traseiro com 239,7 MPa, local da maior tensão de von Mises [61].	43
Figura 49 - Aspeto físico de alguns encoders industriais [63].	45
Figura 50 - Motor AC [65].	46
Figura 51 motor DC em corte [69].	47
Figura 52 - Motor de passo [70].	48
Figura 53 - Sistema hidráulico elementar, com atuador linear [73].	49
Figura 54 - Sistema pneumático elementar, com um atuador linear (pistão de dupla ação) [73].	50
Figura 55 - Robot sem material nas ventosas e cotas de atravancamento.	51
Figura 56 - Estruturas de armazenamento A, B e C.	52
Figura 57 - Curso máximo e mínimo ou limite máximo e mínimo.	53
Figura 58 - Movimentos do robot.	53
Figura 59 - Diâmetros da roda.	53
Figura 60 - Posição 1.	54
Figura 61 - Posição 2 (a mais crítica).	54
Figura 62 - Posição 3 intermédia.	55
Figura 63 - Representação das forças aplicadas na corrente.	55
Figura 64 - Idealização da estrutura no <i>Multiframe</i> .	56
Figura 65 - Pontos de aplicação das forças e momentos.	57
Figura 66 - Deslocamentos provocados pelas solicitações impostas.	57
Figura 67 - Diagrama dos esforços normais.	57
Figura 68 - Diagrama dos esforços cortantes.	58
Figura 69 - Diagrama dos momentos fletores.	58
Figura 70 - Vista de corte da coluna com os carretos e as correntes.	60
Figura 71 - Esquema de montagem para a translação.	61
Figura 72 - Corrente da translação.	62

Figura 73 – Corrente de elevação.....	62
Figura 74 – Carreto com diâmetro primitivo 103,67 mm.....	63
Figura 75 – carreto/disco ou coroa.	63
Figura 76 – Seleção do rolamento de esferas para as rodas.	65
Figura 77 – Estrutura com o guiamento.	76
Figura 78 – Vista de corte do robot, mostrando a esteira e parte do robot.....	77
Figura 79 – Vista de corte do moto-redutor da rotação.....	77
Figura 80 – Robot com os carros que permitem a elevação e a esteira.....	78
Figura 81 – Transmissão do movimento de elevação.	78
Figura 82 – Vista em corte do robot lateral, permitindo a visualização da corrente de elevação.	79
Figura 83 – Afinação da corrente de elevação	79
Figura 84 – Carro e suporte do rolamento.....	79
Figura 85 – Suporte das ventosas.....	79
Figura 86 – Vista de corte das ventosas mais o tubo.....	79
Figura 87 – Condições fronteira dos testes 1 e 2.....	81
Figura 88 – Condições do teste 3 e 4.....	82
Figura 89 – Restrições do teste 3 e 4.....	82
Figura 90 - Tensão de von Mises máx. teste 1.	83
Figura 91 - Tensão de von Mises máx. teste 2.	83
Figura 92 – Deslocamento resultante do teste 1.....	84
Figura 93 – Deslocamento resultante do teste 2.....	84
Figura 94 - Deformação máx. do teste 1.	84
Figura 95 – Deformação máx. do teste 2.....	84
Figura 96 – CS teste 1.	85
Figura 97 – CS teste 2	85
Figura 98 – Alterações efetuadas na estrutura das ventosas.....	85
Figura 99 – Tensões máximas localizadas de von Mises teste 3.....	86
Figura 100 – Tensões máximas localizadas de von Mises teste 4.....	86
Figura 101 – Deslocamentos máximos chapas das ventosas teste 3.	87
Figura 102 - Deslocamentos máximos chapas das ventosas teste 4.....	87
Figura 103 – Deformação máxima do teste 3.....	87
Figura 104 - Deformação máxima do teste 4.	88
Figura 105 – Cs na viga de movimentação do teste 3 e do teste 4.	88
Figura 106- Ventosa Padrão Plana (<i>Flat</i>).....	89
Figura 107 – Tipos de levantamento.	90
Figura 108 – Ventosa na posição horizontal e vertical.....	92
Figura 109 – Ligações soldadas do tubo 300×200×8 mm.....	94
Figura 110 – Cordão de soldadura barra calibrada.....	94
Figura 111 – Ligações dos carros do robot.	95

Figura 112 – Aparafusamento das ventosas.	95
Figura 113 – Ligação das ventosas.....	95
Figura 114 – Moto redutor e afinação.	96
Figura 115 – Montagem da roda e aparafusamento.	96
Figura 116 – Vista de corte do moto-redutor da rotação.	97
Figura 117 – Vista de corte do moto-redutor elevação e o veio de sincronismo.....	97
Figura 118 – Ligação de soldadura com cordão de 6 mm.....	98
Figura 119 – Símbolos para as distâncias entre os eixos dos furos de peças de ligação.	100
Figura 120 – Valores de p1 e p2 conforme o EC3P1.8 e ligações aparafusadas.....	101
Figura 121 – Dimensões do corte em bloco.	105
Figura 122 Ligação aparafusada do veio.....	107
Figura 123 - Suporte de apoio coluna da esquerda.....	108
Figura 124 - Suporte de apoio coluna da direita.....	108
Figura 125 - Estrutura composta de ligação (Cabos elétricos).....	109
Figura 126 - Estrutura composta rotação.....	109
Figura 127 - Chapa Para Fixação De Ventosas	110
Figura 128 - Roda Tração Carro.....	110
Figura - 129 Carro Vertical Esquerda	111
Figura 130 - Carro Vertical Direita	111
Figura 131 - Veio Sincronismo Eixo Vertical.....	112
Figura 132 - Flange Do Tubo Redutor	112
Figura 133 - Flange Tubo Redutor Com Matriz.....	112
Figura 134 - Estrutura Composta Montagem Ventosa	112
Figura 135 - Montagem Motor Elevação	113
Figura 136 - Montagem Motor Rotação.....	113
Figura 137 - Base Aço Suporte Esteira	114
Figura 138 - Suporte Bomba de Vácuo	114
Figura 139 - Barra Guia Vertical.....	114
Figura 140 - Restantes Peças.....	114
Figura 141 - Estrutura 1.....	115
Figura 142 - Cavalete Duplo	115
Figura 143 - Estrutura 3.....	115
Figura 144 – MG translação.	119
Figura 145 – MG rotação.	120
Figura 146 – MG elevação.	121
Figura 147 – MG emergência.....	121
Figura 148 – MG sucção.	122
Figura 149 – Esquema do quadro elétrico do robot [94].....	125

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Dimensões dos materiais e respectivas espessuras existentes no mercado.	26
Tabela 2 – Propriedades do material do pórtico guindaste [60].	39
Tabela 3 – Comparação dos resultados [60].....	40
Tabela 4 – Verificação dos valores do ponto ótimo [60].	41
Tabela 5 – Informações da malha no chassi [61].....	42
Tabela 6 – Coeficientes de atrito típicos [70].....	54
Tabela 7 – Cálculo da força máxima.	55
Tabela 8 – Forças e momentos aplicados a estrutura.	56
Tabela 9 – Tabela com os valores dos resultados dos diagramas.	58
Tabela 10 – Dados Iniciais do dimensionamento do moto redutor.	66
Tabela 11 – Dados das malhas.	80
Tabela 12 – Diferentes diâmetros com a respetiva área.	91
Tabela 13 – Valores de sucção da ventosa com diâmetro 180 mm.	93
Tabela 14 – Disposição construtiva dos parafusos M12.	99
Tabela 15 – Tabela de preços.	116
Tabela 16 – Codificação da simbologia MG.	118
Tabela 17 – Imagens dos item(s) elétricos	122

Nomenclatura

A- espessura do carreto;

a- aceleração;

a_G- aceleração do sistema;

A_{nt}- área útil solicitada a tração;

A_{nv}- área útil solicitada ao corte;

A_v- área da ventosa;

B₁- largura do carreto;

C_s- coeficiente de segurança;

D- diâmetro exterior;

d- diâmetro interior;

d₀- conjunto nodular para o vácuo;

e₁- distância a extremidade;

e₂- distância do bordo lateral;

F_{máx}- força máxima;

f_h- coeficiente de vida;

f_n- coeficiente de velocidade;

F_r- força radial;

F_r- resistência a translação;

F_G- Força radial;

f_B- fator de serviço;

f_1 - frequência de inflexão;

$f_{máx.}$ - frequência máxima;

F_{th} - força de retenção teórica;

$F_{D,Rd}$ - resistência no esforço transversal por parafuso esperado;

$F_{V,Rd}$ - valor da resistência ao esforço transversal por parafuso;

f_{ub} - tensão de rotura à tração;

$F_{V,Ed}$ - valor de esforço transversal por parafuso no estado limite último;

$F_{W,Ed}$ - valor esforço atuante na soldadura por unidade de comprimento;

$F_{W,Rd}$ - valor da resistência da soldadura por unidade de comprimento;

F_Z - fator de acréscimo para a força radial;

g - aceleração provocada pela gravidade;

i_v - transmissão intermediária para a corrente;

i - redução do redutor;

J_x - Momento de inércia da massa externa;

J_T - momento de inércia da estrutura das ventosas;

J_W - momento de inércia peça a executar;

K_1 - perpendicularidade da direção de transmissão dos esforços para parafusos de extremidade;

L_h - vida nominal;

M_L - momento de carga;

M_a - momento de saída;

$M_{amáx}$ - momento de saída máximo;

m_0 - massa do elevador;

M_H - momento de aceleração;

M_N - momento nominal;

m - massa em kg;

m_L - massa de carga;

n - velocidade de rotação;

n_a - rotação da saída;

n_v - número de ventosas;

P_S - potência estática;

P_{DL} - potência dinâmica;

P_T - potência total;

P_n - potência nominal;

P_a - potência da saída;

P - potência na aceleração;

P_1 - distância entre os eixos p_1 ;

P_2 - distância, medida perpendicularmente à direção da transmissão do esforço, entre fiadas adjacentes de parafusos;

S_T - percurso;

s - segundos;

S_A - percurso na aceleração;

S_U - percurso de comutação;

S_P - percurso no posicionamento;

S_F - percurso no posicionamento;

S - fator de segurança;

t_T - tempo de percurso;

t_A - tempo de aceleração;

t_V - tempo de comutação;

T_F - tempo da translação;

t_T - tempo total;

V_y - resistência ao corte no eixo do y;

$V_{eff,1Rd}$ - valor resistência ao destacamento do bloco;

v - velocidade;

V - rácio de sucção.

Carateres Romanos

I- um;

II- dois;

III- três;

IV- quatro;

V- cinco;

VI- seis;

VII- sete;

VIII- oito;

IX- nove;

X- dez;

XI- onze;

XII-doze;

XIII- treze;

XIV- catorze;

XV- quinze;

XVI- dezasseis;

XVII-dezassete;

XVIII-dezoito;

XIX-dezanove;

XX-vinte.

Carateres Gregos

μ_L - coeficiente de atrito para o mancal;

μ - valor de fricção;

η_L - rendimento de carga;

η_G - rendimento do redutor;

η - rendimento;

γ_{M2} - resistência dos parafusos de estrutura e sistema;

α_b - direção de transmissão dos esforços para parafusos de extremidade, classe do parafuso ao corte.

Operadores

m- metros;

m/s²- metros por segundo quadrado,

m³- metros cúbicos,

m/s- metros por segundo;

mm- milímetros,

cm- centímetro;

N/m- Newton por metro;

Nm- Newton metro;

kg- quilogramas;

+ - soma;

- - subtração;

× - multiplicação;

/ - divisão;

= - igualdade.

Abreviaturas

AC- Ativação do sistema;

AS- Ativação sucção;

BV- Bomba vácuo;

D- Roda para direita;

DA- Desativação do sistema;

DE- Descida elevador;

DS- Desativação sucção;

E- Roda para a esquerda;

EC3- P1.1-Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios;

EC3- P1.8-Eurocódigo 3-Projeto de estruturas de aço Parte 1-8-Projeto de ligações;

LAM- Luz amarela;

LCD- Limite controlo inferior;

LCS- Limite controlo superior;

LVD- Luz verde;

M1D- Motor 1 para direita;

M1E- Motor 1 para esquerda;

M2D- Motor 2 para baixo;

M2S- Motor 2 para cima;

M3A- Motor 3 AH;

M3H- Motor 3 H;

MEF- Método de elementos finitos;

MG- Método de GRAFCET;

PCSA- Paragem com sensor AH;

PCSD- Paragem com sensor direita;

PCSE- Paragem com sensor esquerda;

PCSH- Paragem com sensor H;

SA- Sinal anti-horário;

SE- Subida elevador;

SH- Sinal horário;

SS- Sensor de sucção.

1 Introdução

1.1. Contextualização

O trabalho realizado é importante para inovar os sistemas de movimentação existentes no mercado, permitindo desta forma reduzir os custos na movimentação de material. Os robots de movimentação podem ser úteis para várias empresas da metalomecânica servem para movimentar chapas de qualquer tipo. Cada vez mais existem máquinas de corte nas empresas jato de água, laser, desta forma os robots podem ser utilizados para não haver paragens na carga e descarga das peças cortadas. Com sistemas automáticos poupa-se recursos, existindo um investimento inicial não muito caro que ao fim de alguns anos obtém-se o proveito no tempo perdido se fosse de uma forma manual. Concluindo este trabalho vem em encontra aquilo que acabou-se de dizer serve de uma mais-valia para as empresas este tipo de projeto para uma maior rapidez de transporte e arrumação de material.

1.2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é o projeto de uma estrutura e sistema de movimentação robotizado de linha automática de corte de chapa e de todos os elementos constituintes (moto-redutores, sistemas de fixação, soldadura, bomba de vácuo e estrutura mecânica). O robot vai trabalhar nas zonas fabris e deverá contemplar as seguintes características.

- Movimentação sobre guias;
- Executa movimentos elevatórios e rotativos;
- Transporta várias chapas existentes no mercado por ventosas;
- Transporta 3500 kg de carga máxima;
- Velocidade do robot de translação 0,25 m/s;
- Curso do deslocamento linear do robot 15 m.

1.3. Calendarização

Na calendarização mostra-se o tempo gasto na elaboração da tese. A linha a vermelho significa o prazo estipulado de estudo preliminar da tese e do design do robot. Verifica-se no entanto que foi ultrapassado esse prazo conforme a Figura 1 (a mudança de cor significa também esse atraso). Dentro da mesma cor existe uma cor mais saliente representa os temas mais importantes da tese.

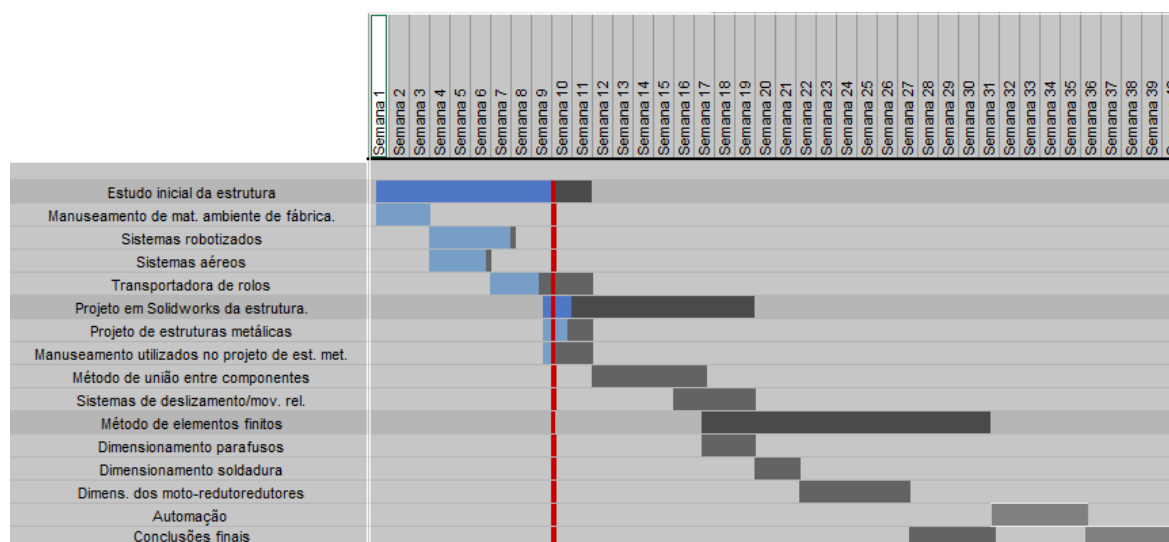


Figura 1 – Diagrama de Gantt.

1.4. Organização do relatório

O relatório inicia-se com o resumo os objetivos o diagrama de Gantt (planeamento do relatório). No entanto o relatório divide-se em 2 grandes capítulos. No capítulo da revisão bibliográfica dá-se a conhecer o estado da arte atual de todos os tópicos considerados relevantes para a realização deste trabalho, como sejam manuseamentos de materiais em ambiente de fábrica, sistemas robotizados, sistemas aéreos, transportadora de rolo, projeto em *Solidworks*, projeto de estruturas metálicas, materiais utilizados no projeto de estruturas metálicas, método de união entre componentes, sistemas de deslizamento relativo, entre outros. No capítulo 3 faz-se o anteprojecto e o projecto final da estrutura em estudo (movimentação de material de forma automática). Antes do projecto final são realizados vários testes no *software Solidworks* em que se simula o comportamento mecânico da estrutura sujeita às cargas de projecto. Durante esta fase, procedeu-se a diversas optimizações do projecto inicial. Dimensionou-se a estrutura nas ligações aparafusadas e nas ligações soldadas e com os cálculos efetuados para os três movimentos do robot translação, rotação e elevação escolheu-se os motores, redutores, ventosas e bomba de vácuo para o robot. Descreve-se o processo de fabrico de cada peça e

faz-se uma análise de custos. Conclui-se que era necessário reforçar a nossa estrutura através dos testes realizados, resultados estes apresentados mais a frente, os trabalhos futuros era testar novos materiais, aumentar a carga de transporte do material do robot, calcular momentos de inércia para saber se é uma estrutura equilibrada em termos dinâmicos e estáticos. E pode-se desenvolver um novo sistema de transporte de chapas.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Manuseamento de materiais em ambiente de fábrica

Atualmente os armazéns das pequenas, médias e grandes empresas, precisam de uma boa gestão logística, bem como de sistemas de armazenagem eficientes. Um armazém é um espaço físico em que se guardam matérias-primas e produtos semi-acabados ou acabados à espera de deslocação ao seguinte ciclo da cadeia de distribuição. Este age também como regulador de fluxo de mercadorias entre a disponibilidade e a necessidade de fabricantes, comerciantes e consumidores [1].

Um armazém automatizado é um espaço físico onde se depositam materiais, automaticamente. Desta forma necessitam de sistemas de armazenagem adequados para movimentar e gerir automaticamente os produtos acabados ou semi-acabados. No manuseamento de materiais em ambiente de fábrica destaca-se o *Kanban* que é um método de fabricação orientado para a produção em série. O desenvolvimento deste método é creditado à *Toyota Motor Company* [2]. O *Kanban* só é aplicável em sistemas de produção discreta e repetitiva, ou seja, de produtos normalizados e na produção de produtos cuja procura seja relativamente estável, sendo condição essencial que o processo de produção esteja organizado em fluxo. O principal objetivo do processo de movimentação de material é reduzir os custos operacionais na conceção do produto final e no seu armazenamento. Contudo, é necessário alcançar outras metas e cumprir especificações primordiais a fim de alcançar o objetivo principal - redução de custos mas, para além da redução de custo, deve ser tido em conta:

- A eficiência e segurança na movimentação dos materiais;
- O transporte dos materiais em tempo útil, na quantidade exata, para o local desejado;
- A otimização, a capacidade espacial fornecida pela empresa;
- O baixo custo para as atividades de movimentação de materiais [3];
- A redução dos estragos nos materiais durante a sua movimentação;
- A minimização do risco de acidente na movimentação manual de materiais [4].

Num armazém existe três fases: chegada, manipulação e deposição. Para cargas pesadas tem-se um robô que desloca o material de um lado para o outro, programado por microprocessadores para executar atividade(s). Os sistemas robotizados revolucionaram a indústria, substituindo trabalhos pesados, desagradáveis, monótonos e repetitivos por trabalhos de supervisão, de programação e manutenção. Em contra partida mantém-se outros sistemas de manuseamento de materiais que têm a intervenção humana como sejam carrinhos, paleteiras, guindastes, empilhadoras, plataformas de carga e descarga, sistemas simples e *lean* que facilitam o dia-a-dia de armazenagem dos *stocks*. Os sistemas robotizados são sistemas autónomos, em relação aos outros sistemas. A robótica nos dias de hoje é importante, consegue dar-nos rapidez e simplificar o manuseio dos materiais adotando sequências lógicas de manuseio. A robótica está inserida na indústria automóvel, indústria aeroespacial, plástico, entre outras, vindo substituir tarefas humanas repetitivas. Em armazéns, a robótica é utilizada na separação e preparação de carga (s). Na separação o robô é programado para reconhecer os produtos e colocá-los nos locais próprios, devidamente sinalizados. Hoje em dia utilizam-se armazéns mecanizados, para executar funções específicas. A possibilidade de incorporar inteligência artificial, além das vantagens de velocidade, confiabilidade e precisão, faz da robótica uma alternativa atraente para aos métodos de manuseamento de materiais tradicionais. [1].

2.1.1 Sistemas robotizados

A robótica é um ramo da tecnologia que lida com a conceção, construção, operação e aplicação de robôs [5], bem como sistemas de computador para o seu controle, *feedback* sensorial e processamento de informações. As máquinas automatizadas tomam cada vez mais o lugar dos seres humanos em ambientes perigosos e nos processos de fabrico. A robótica industrial, aplicada à automação de processos fabris, tem já mais de 30 anos [5]. Os robôs industriais, constituídos por eletrónica, respetivo *software* de controlo e motores elétricos sofisticados, foram, e continuam a ser, fruto da evolução verificada nos computadores (*hardware* e *software*), nos motores e nos materiais. No contexto industrial a robótica pretende:

- Melhorar a produtividade e reduzir custos de mão-de-obra;
- Otimizar a qualidade (atingir, e se possível suplantar, os requisitos técnicos) e cumprir, e se possível ultrapassar, as normas de higiene e segurança no trabalho.

Qualquer investimento atualmente feito em robótica pode ser caracterizado por pelo menos um destes três objetivos, sendo que muitas vezes é contemplado pelo três [6]. Na indústria podem-se encontrar vários tipos de robôs [6-8]:

- **Estrutura revoluta**

Este tipo de robots [8] possui 3 juntas rotativas, conforme ilustrado na Figura 2. Eles são os mais usados nas indústrias, por terem uma configuração semelhante a um braço humano e (antebraço e pulso). O pulso é unido à extremidade do antebraço, o que propicia juntas adicionais para orientação do meio terminal. Este modelo de configuração é o mais versátil do que robôs de 6 ou mais eixos, pois assegura maiores movimentos dentro de um espaço compacto. Os braços revolutos podem ser de dois tipos: cadeia aberta ou cadeia parcialmente fechada. Nos primeiros pode-se distinguir facilmente a sequência natural formada por elo-junta, da base até o punho. Nos braços de cadeia parcialmente fechada o atuador da terceira junta efetua o movimento desta por meio de elos e articulações não motorizadas adicionais.



Figura 2 - Robot de estrutura revoluta [6].

As características principais deste robot são:

- Utilização exclusiva de eixos de movimento rotativo;
- Programação mais complexa;
- Muito boa manobrabilidade - habilidade de contornar obstáculos;
- Elevada velocidade de operação;
- Grande volume de trabalho para pequena área de montagem integrável em locais de trabalho restritos;
- Fácil acesso ao espaço frontal, lateral, superior e retaguarda;

- Possibilidade de utilização de estrutura cinemática aberta (menos rígida, mais flexível) e estrutura cinemática fechada (mais rígida, menos flexível).

- **Estrutura Cartesiana**

O robot de coordenadas cartesianas, ilustrado na Figura 3, usa três juntas lineares. É o robot de configuração mais simples dos exemplos descritos, desloca as três juntas umas em relação à outra. Este robot opera dentro de zonas de difícil acesso.



Figura 3 - Robots de estrutura cartesiana [5,8].

As suas características são as seguintes:

- Movimentos lineares em sistema de eixos cartesianos (similar a máquinas ferramenta)
- Estrutura de tipo modular facilmente expansível;
- Controlo de movimentos e programação simples;
- Estrutura inerentemente rígida;
- Capacidade de carga elevada;
- Precisão elevada;
- Volume de trabalho grande.

- **Estrutura pendular**

Robot(s) que permite(m) uma fácil montagem combinando os movimentos de uma forma rápida e simples como mostra a Figura 4, são caracterizados pelo baixo centro de gravidade, e o princípio de funcionamento é parecido a um pêndulo como o próprio nome indica.

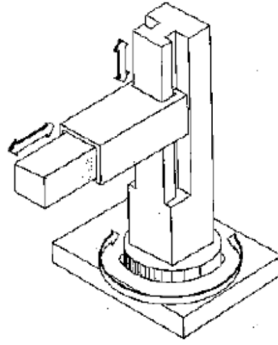


Figura 4 - Robot de estrutura pendular [8].

As características principais são:

- Boa precisão;
- Velocidades de operação elevadas;
- Estrutura simples oferecendo elevada fiabilidade;
- Combinação de dois movimentos rotativos perpendiculares com movimento linear;
- Elevada capacidade de carga.

- **Estrutura Polar (Esférica)**

Este tipo de braço robótico foi projetado para suportar grandes cargas e ter grande alcance. É bastante utilizado para carga e descarga de máquinas, embora o braço revoluto seja mais comum nestas aplicações. Ele conta com duas juntas rotativas seguida de uma junta deslizante, como observado na Figura 5.



Figura 5 - Robot de estrutura polar (esférica) [8].

A primeira junta move o braço ao redor de um eixo vertical, enquanto a segunda junta gira o conjunto ao redor de um eixo horizontal. A denominação polar deve-se às coordenadas polares de sistemas de eixos cartesianos, caracterizadas por duas coordenadas angulares (juntas rotativas) e uma coordenada radial (junta deslizante). Este tipo de braço está em desuso, sendo substituídos pelos braços revolutos.

Apresenta-se alguns pontos importantes deste robot:

- Combina dois movimentos de rotação com um movimento linear, em sistema de coordenadas polar;
- Sistema de controlo e programação simples;
- Grande espaço de trabalho;
- Velocidades de operação elevadas;
- Elevada capacidade de carga e precisão e repetibilidade elevadas.

- **Estrutura “SCARA”**

Este é também um braço bastante utilizado, pois é compacto, tem grande precisão e repetibilidade, embora com um alcance limitado. Estas características tornam-se próprio para trabalhos em montagem mecânica ou eletrónica que exigem alta precisão. Possui duas juntas rotativas e uma junta linear, que atua sempre na vertical, como visto na Figura 6. O volume de trabalho deste braço é cilíndrico, porém, como utiliza juntas rotativas, é também considerado articulado. O nome é um acrónimo de *Selective Compliance Assembly Robot Arm*, ou Braço Robótico.

As características principais do robot estrutura “Scara” são:

- Combinação de eixos de movimento rotativo num plano horizontal com um movimento linear vertical;
- Estrutura vocacionada para operações de montagem;
- Estrutura rígida na direção vertical;
- Elevada manobrabilidade;
- Elevadas velocidades de trabalho e precisão e repetibilidade elevadas.



Figura 6 - Robot de estrutura “Scara” [5].

- **Estrutura “Spine”**

Este robô permite facilmente chegar a vários locais de uma forma fácil e rápida, permitindo uma boa movimentação (Figura 7). Além de imitar os movimentos do médico de uma forma intuitiva, os instrumentos robóticos oferecem seis graus de liberdade, mais aderência, mais dois do que os instrumentos convencionais. Esta tecnologia permite uma grande amplitude de movimento e rotação que se segue à escala natural de articulação podendo ser particularmente útil quando o espaço de trabalho é limitado.



Figura 7 - Robot de estrutura “spine” [8].

As principais características do robot de estrutura “spine” são:

- Caracteriza-se pelo aspeto de um só braço totalmente compacto e flexível, envolto numa manga protetora;
- Processo de atuação: utilização de uma série de articulações universais motorizadas que podem ser combinadas de uma forma modular e utilização de um tipo especial de rótulas ‘ovóides’ interligadas por uns cabos de aço tensionados;
- Extrema manobrabilidade;
- Extrema compacidade;
- Possibilidade de contornar facilmente obstáculos e ocupação de pequena área de montagem.

- **Robot Delta**

O robô delta (um robô braço paralelo) foi inventado no início de 1980 projetado para a indústria de embalagem no entanto trabalha na indústria em geral, o objetivo deste novo tipo de robô era manipular objetos leves e pequenos com uma velocidade muito alta, uma necessidade industrial naquele momento. O robô também pode ser visto como uma generalização espacial de uma ligação de quatro barras. O conceito fundamental do robô delta é a utilização de paralelogramos que restringem o movimento da plataforma, tem movimento no plano X, Y ou Z, sem rotação.



Figura 8 – ABB FlexPicker [9].

As principais vantagens deste robot são:

- Velocidades elevadas, adequado para produção em série;
- Utiliza-se com cargas leves e pesadas;
- Flexibilidade;
- Bom para efetuar o *picking* dos materiais, na sua receção;
- Acelerações elevadas.

2.1.2 Sistemas aéreos

Equipamentos aéreos de elevação e transferência são equipamentos em ambiente de fábrica que estão “acima” da planta da fábrica. Estão destinados a mover cargas variadas para qualquer ponto dentro de uma área fixa. Os tipos mais comuns são: as pontes rolantes, os pórticos e semi-pórticos e as travessas de carga. São aplicados onde se deseje transferir materiais pesados, volumosos em distâncias curtas dentro de uma fábrica. Em relação a outros sistemas de ao nível da fábrica estes são movimentados

pelo ar. As características mais importantes dos sistemas aéreos em relação aos outros são a capacidade de deslocação sem a obstrução das máquinas e por cima da fábrica com maior eficiência e rapidez. A conceção destes equipamentos baseia-se na utilização de componentes modulares standard de fabricação série (diferenciais, moto-redutores, rodas, instalação elétrica, etc.), em conjunto com estruturas metálicas. De seguida descrever-se-ão as soluções mais comuns atualmente existentes para movimentação da carga por meios aéreos [12].

- **Pontes rolantes:**

As pontes rolantes são equipamentos de elevação e movimentação de cargas que responde a uma grande variedade de aplicações, através das suas diversas tipologias: apoiadas sobre carril ou suspensas de vigas; com uma ou duas vigas resistentes – monoviga ou biviga, respetivamente. A(s) viga(s) resistente(s) poderão ser em perfil simples (laminado) ou em caixão (construção soldada) [12].

- **Monoviga:**

A monoviga pode ter capacidades nominais e vãos de alguns metros conforme a necessidade do cliente tendo como características principais adaptável flexibilidade e a facilidade de adaptação ao local de instalação (Figura 9). Esta tipologia permite a montagem de equipamentos de elevação em locais com altura livre reduzida acima fabricados equipamentos fabris, tendo ainda como vantagem associada o facto de transmitir reações menores à estrutura do edifício e menor custo relativamente à solução biviga [11]. Neste equipamento é possível definir o tipo de diferencial a utilizar; de cabo de aço ou de corrente, estando este último limitado aos 6.300kg de capacidade. A altura útil de elevação nestes equipamentos pode ser otimizada através da utilização de carros-guincho do tipo “altura reduzida”.



Figura 9 - Ponte rolante monoviga suspensa [13].

- **Biviga:**

Normalmente a medida standard tem capacidade nominal até 50.000 kg e vão até 30 m de comprimento (Figura 10). Este tipo de ponte rolante é o indicado para as aplicações mais exigentes, quer seja por necessidade de obter capacidades mais elevadas, quer pelo tipo de aplicação solicitada

[11]. Através de diferentes tipos de ligação entre as vigas resistentes e os carros laterais é possível adaptar este equipamento a qualquer local de instalação. Os carros-guincho para as pontes rolante tipo biviga, devido à sua localização por cima das vigas, permitem otimizar o curso útil de elevação. Esta tipologia também permite a instalação de um passadiço com varandim ao longo das vigas resistentes e manutenção do equipamento [13].



Figura 10 - Ponte rolante biviga [13].

➤ **Suspensa:**

A ponte rolante suspensa apresenta normalmente capacidade nominal até 10.000 kg e vão até 20 m de comprimento. Este tipo de ponte rolante é uma solução especialmente concebida para locais com pouco espaço disponível, permitindo reduzir a altura perdida do equipamento através da amarração do respetivo caminho de rolamento ao teto do edifício, e garantindo um curso útil de elevação bastante otimizado, como mostra a Figura 11 [12]. A solução construtiva deste tipo de equipamento é essencialmente do tipo monoviga, podendo ser constituída por uma viga resistente em perfil simples ou em caixão.



Figura 11 - Ponte rolante suspensa [12].

- **Travessas de Carga:**

Os equipamentos de elevação podem ser fornecidos com sistema de manipulação de carga integrados. Estas ferramentas são bastante importantes para melhorar a eficiência do equipamento de elevação e

aumentar a segurança no manuseamento de determinados materiais. As travessas de carga serve para puxar os guinchos de matérias pesadas de um lado ao outro da fábrica e a sua capacidade nominal de 10.000 kg permite um transporte mais rápido e mais seguro em termos aéreos. A estrutura apresentada na Figura 12 tem as seguintes características [13]:

- Ideal para transporte de bobinas, atados ou chapas;
- Capacidade desde 0,5 até 5 ton;
- 2, 4, 6 ou mais pontos de suspensão fixos ou móveis;
- Acessórios de elevação certificados em aço de alta resistência, amovíveis e intermutáveis;
- Estrutura com pés de apoio e proteção anti-corrosiva de alta durabilidade e resistência mecânica em cor amarelo RAL 1028.



Figura 12 - Travessa de Carga VHN [13].

- **Pórticos**

Os pórticos são estruturas lineares planas constituídas por barras retas articuladas entre si. São resultados da associação entre vigas e pilares de estruturas maciças ou ocas. O pórtico tem grande aplicação no travamento de edifícios, principalmente nos elevados, em que as cargas horizontais dos ventos são bastante significativas. Enrijecidos, ou associados com pórticos planos, são utilizados em edifícios muito elevados em que somente a conexão rígida das vigas com os pilares não pode conferir a rigidez necessária à estabilidade da estrutura. A rigidez dos pórticos pode ser aumentada por contraventamentos, que são barras diagonais que prendem um nó do pórtico ao outro. As diagonais acopladas aos pórticos funcionam de maneira mais eficiente se forem feitas de estrutura metálica, podendo assim estar sujeitas tanto à tração quanto à compressão.



Figura 13 – Pórticos [11].

- **Semi-Pórticos**

Outras soluções são encontradas também no mercado por exemplo os semi-pórticos, (Figura 14), estes são equipamentos compostos de um misto de ponte rolante e pórtico rolante, ou seja, o equipamento apoia-se em uma de suas extremidades sobre trilhos em estrutura fixa e a outra extremidade sobre rodas no solo.



Figura 14 - Semi-pórticos [11].

2.1.3 Transportadora de rolos (*conveyors*)

Uma transportadora de rolos (Figura 15) tem uma forma construtiva simples o que permite inúmeras configurações como curvas em diversos ângulos e transferência com outros transportadores da linha. Apresenta uma manutenção barata e de fácil montagem, conseguindo transportar produtos com pesos elevados, como paletes cheios. Pode ser feita em alumínio, aço carbono ou aço inox. Os rolos podem ter diâmetros e passos variados, ou não, ser acionados por motores elétricos. Esta transportadora aceita vários tipos de acessórios como bloqueadores, viradores, etc., tornando-o um transportador de grande flexibilidade. Esta estrutura é formada por vários rolos, (Figura 15) e delimitada lateralmente. Este sistema de transporte é um dos mais utilizados.

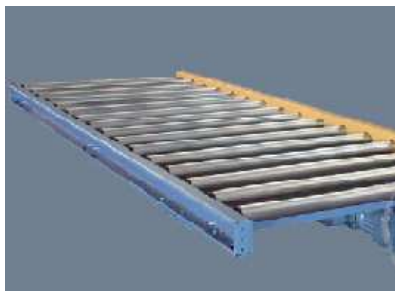


Figura 15 - Transportadora de Rolos [4].

Este transporte tem as vantagens de ser silencioso, movimenta as peças ou material com rapidez, boa resistência mecânica versus segurança e por último apresenta ótima relação transporte/tempo. As desvantagens deste sistema de transporte tem a ver com a utilização em locais planos, não é muito versátil para diferentes caixas de material, têm de corresponder a determinadas formas e tamanhos adequados á linha de transporte [14-15].



Figura - 16 Rolos [4].

Existem vários tipos de transportadoras de movimentação de materiais e alguns deles nem precisam de acionamento mecânico, pois são sistemas com rolos inclinados em que os materiais a transportar se deslocam pela ação da gravidade [16].

Geralmente os transportadores podem baixar custos à uma empresa de elevados custos de horas-homem. A remoção efetiva da exigência física de um trabalhador ao transportar um item de um local para outro pode fazer uma enorme diferença para a produtividade de cada indivíduo. Os transportadores podem muitas vezes oferecer material ou peças ao trabalhador antes de este ainda ter acabado de trabalhar o material ou peça anterior com sucesso, diminuindo o tempo de transporte para zero.

Os transportadores de corrente exterior (Figura 17) são equipamentos construídos em estruturas metálicas rígidas, constituídas por módulos de chapas, que apresentam algumas vantagens comparativamente a outros transportadores, pois, são totalmente desmontáveis e facilmente substituíveis. O transportador de corrente apresenta sistema de construção que facilita a remoção do conjunto transportador, quando assim for desejado, em caso de reestruturação do equipamento. Além

disso, deve-se destacar que este equipamento acelera o ritmo de trabalho e racionaliza o processo operacional, possibilitando carga e descarga em qualquer ponto de seu traçado. Usualmente utilizados para transporte horizontal de carga, o transportador de corrente pode também transportá-la com ângulos, podendo receber produto de qualquer outro tipo de equipamento, tais como, silos, tolhas. Possui a vantagem de poder receber carga em qualquer ponto do transportador. Tratando-se de um equipamento robusto requer pouca manutenção. Há facilidade de acesso aos seus elementos, o que facilita sua manutenção, podendo ser facilmente desmontados se houver necessidade de mudança em sua capacidade ou em futura reestruturação das instalações. Os principais componentes de um transportador de corrente exterior são: pé ou módulo de esticamento, laterais, fundo, tampas de cobertura, roletes guia, entradas, cabeça de acionamento e funis de descarga [13-15].



Figura 17 - Transportador de corrente exterior [4].

Os sistemas de transporte por meio de rolos que utilizam somente a gravidade, (Figura 18), para o transporte de produtos são geralmente os mais fáceis de instalar, desde que exista uma estrutura das próprias instalações adequadas para a utilização e instalação destes mesmos sistemas. Estes não necessitam de instalações elétricas, excetuando os casos em que estão a ser utilizados como complemento de um sistema de transporte maior que envolva o uso de energia. Caso contrário apenas necessitam de um declive suficiente para garantir o movimento contínuo dos materiais até ao final da linha de transporte.



Figura 18 – Transportador sem sistema de acionamento [4].

2.1.4 Estruturas mecânicas de transporte

As estruturas mecânicas de transporte são estruturas formadas por associação de peças metálicas ligadas entre si por meio de conectores ou solda. Os conectores mais usados são os parafusos, uma vez que os rebites estão cada vez mais em desuso. Estas são geralmente accionadas através de sistemas pneumáticos, sistemas hidráulicos ou mecânicos [5].

As estruturas mecânicas de transporte de manuseamento de materiais podem ser feitas à medida do cliente, uma vez que têm de ser soluções à medida da aplicação. Pode-se dar exemplo de algumas estruturas mecânicas, existindo uma que se chama Vacu-Lift, como mostra a Figura 19.



Figura 19 - Vacu-Lift [17].

A Vacu-Lift é um sistema de transporte antigo, existente no mercado há mais de 40 anos, é um sistema para elevação e manuseio de cargas, desenvolvido para facilitar o trabalho de empilhamento e desempilhamento [17]. A Vacu-Lift pode ser utilizado para movimentação de lâminas de vidro, pedra, madeira, chapas de MDF, chapas de aço, inox, alumínio, tijolos, concreto, cerâmica e outros. O transporte torna-se mais seguro e deixa-se de danificar materiais, provocados por correntes de ferro, pelos garfos dos empilhadores e até mesmo pelas alavancas. Uma das características mais importantes é a sua mobilidade, pois como é sustentado por bateria recarregável, o equipamento pode ser aplicado tanto aos “garfos” de um empilhador como ao “gancho” de uma ponte rolante ou outros meios de suporte. Existe uma empresa nacional que fabrica estes equipamentos, a Antípoda. Um outro exemplo de estrutura mecânica é a carregadora de chapa, um modelo italiano simples e fácil de construir mecanicamente, como mostra a Figura 20.



Figura 20 - Carregadora de chapa e pá basculante [18].

A carregadora de chapa e pá basculante pega nas chapas através de vácuo, deslocando-se com movimentos horizontais e conseguindo pegar em vários tipos de matérias-primas com bastante peso. Esta estrutura mecânica tem suporte em pilares de aço e desloca-se por guias [18]. O acionamento é efetuado por moto-redutores não se movimenta sobre guias como mostra a Figura 20.



Figura 21 - Zorra de transporte com embalagem ou transportadora [18].

A zorra de transporte ou transportadora da Figura 21 consegue transportar e efetuar o embalagem. O transporte é efetuado por carris e desloca-se na horizontal acionado por moto-redutores. A zona da pega tem movimento rotativo e um sistema de ventosas que permite segurar o material pesado [18]. Na fase da saída do material existe um mecanismo automático de embalagem como mostra a Figura 21. O material transportado por este mecanismo varia desde as chapas de aço até vários tipos de pedra, entre outros.

A Figura 20 e Figura 21 são estruturas mecânicas que permitem pegar em materiais distintos e movimenta-los automaticamente ao longo de fábrica. Estes são construídos por perfis de aço, chapas de aço, veios de aço S235 ou S275.

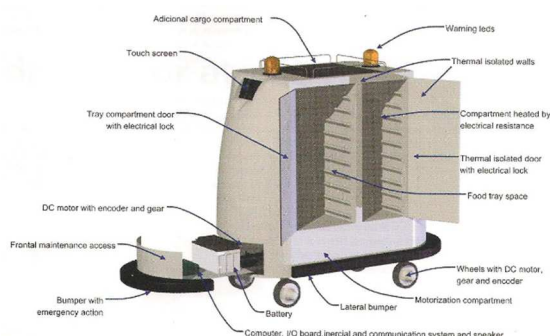


Figura 22 - Robot móvel [5].

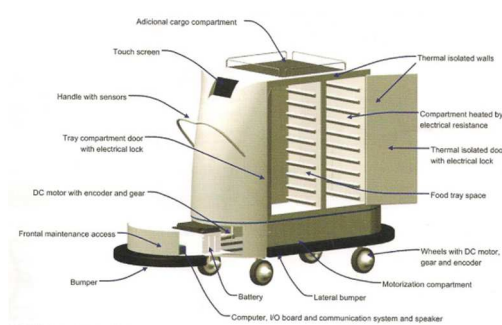


Figura 23 - Robot móvel (servo assistida) [5].

O i-Merc é um robô móvel, Figura 22, podendo ter uma versão servo assistida, Figura 23, para implementação em locais onde seja difícil a implementação da versão autónoma. A função do i-Merc é transportar refeições da cozinha para as enfermarias e fazer o retorno dos tabuleiros vazios para a zona de lavagens.

2.1.5 Outros sistemas de manuseamento

No mercado existem ainda sistemas de manuseamento dentro da fábrica distintos dos anteriores:

- Carrinhos: São os equipamentos mais simples. Consistem em plataformas com rodas e um braço direcional (Figura 24).



Figura 24 - Carrinhos de manuseamento [19].

Estes possuem vantagens como baixo custo, versatilidade e manutenção quase inexistente. Como desvantagem apontam-se a capacidade de carga limitada.

- Paleteiras: Carrinhos com braços metálicos em forma de garfo e um pistão hidráulico para a elevação da carga (pequena elevação). As paleteiras podem, ou não, ser motorizadas (Figura 25).



Figura 25 - Paleteira [20].

- Empilhadoras: podem ser elétricas ou de combustão interna, são veículos de transporte que permite a deslocação de cargas e a elevação das mesmas (Figura 26). Estas empilhadoras têm as seguintes vantagens: necessitam de pouca largura nos corredores, têm um sistema de segurança para o operário e necessitam de pouca manutenção. Como desvantagens: requer operadores especializado(s), paletização de cargas pequenas.



Figura 26 - Empilhadora [21].

- Guindastes: são usados em pátios, construção pesada, portos e oficinas de manutenção, (Figura 27). O veículo pode ser motorizado ou não. Opera cargas não paletizadas, é versátil, alcança locais de difícil acesso mas apresenta a desvantagem de exigir espaço e ser lento.



Figura 27 - Guindaste [22].

- Plataformas de Carga e Descarga e mesas de plataformas hidráulicas: são utilizadas no recebimento e na expedição de mercadorias facilitando o trabalho. Geralmente são fixas. Usadas basicamente na elevação da carga geralmente em conjugação com outro equipamento ou pessoa (Figura 28).



Figura 28 Plataformas de carga e mesas e plataformas hidráulicas [23].

- **AGV (*Automatic Guided Vehicles*):** São utilizados desde 1950 e podem carregar até 100 toneladas. Os AGVs modernos são controlados por computador, possuindo microprocessadores que podem até emitir ordens de transporte e recolher ou descarregar cargas automaticamente. Existem diversos modelos, com os mais variados tipos de sensores e até por rádio-frequência. As desvantagens associadas a estes sistemas são o custo e manutenção elevados.



Figura 29 - AGV [23].

2.2 Estruturas metálicas

2.2.1 Projeto de estruturas metálicas

Um projeto em negócio e ciência é normalmente definido como um empreendimento colaborativo, envolvendo pesquisa ou desenho, que é cuidadosamente planeado para alcançar um objetivo particular. O projeto é um instrumento fundamental para qualquer atividade de mudança e/ou geração de produtos, serviços e informações [24]. No projeto de estruturas metálicas ou projeto de máquinas cabe aos engenheiros definir e calcular os movimentos, as forças e mudanças de energia de modo a determinar as dimensões, as formas e os materiais necessários para cada uma das peças (elementos de máquinas) que integram o dispositivo. A formulação de um projeto é a organização do projeto num documento que auxilia a sistematizar o trabalho em etapas a serem cumpridas, identificar as principais deficiências, a superar e apontar possíveis falhas durante a execução das atividades previstas [25].

Etapas a seguir ou a metodologia do projeto [24, 25]:

1. Requisitos do cliente;
2. Esboço com desenhos;
3. Subconjuntos com detalhes e especificações;
4. Cálculos e ensaios;
5. Seleção - a solução mais promissora é aceite;
6. Compras dos produtos;
7. Verificação dos desenhos;
8. Projeto detalhado - nesta etapa todos os pontos são unidos, preparação de esboços ou desenhos, fornecedores identificados, especificações de fabricação definidas;
9. Protótipo e teste - a construção real do projeto é feita pela primeira vez nesta etapa, onde sua performance é testada;
10. Produção - nesta etapa, após ser assegurada a qualidade, durabilidade e confiabilidade o produto ou equipamento é produzido em quantidade;
11. Montagem - onde é executado e construído, com todo o material disponível;
12. Teste final - validação e último teste antes de ir para o cliente.

O engenheiro responsável pelo projeto de elementos estruturais ou mecânicos deve restringir a tensão do material a um nível seguro. Depende então de uma série de requisitos, entre os principais tipos de carregamentos e o seu modo de utilização. A escolha do coeficiente de segurança é uma tarefa de responsabilidade. Valores muito altos significam, em geral, custos desnecessários e valores baixos podem provocar falhas de graves consequências. Porém o domínio total do assunto é atingido somente quando o engenheiro possuir grande experiência.

Muitas associações de engenharia e agências governamentais desenvolveram normas para áreas específicas de projetos de engenharia. A maior parte delas são apenas recomendações, mas algumas têm força de lei [24].

- ANSI – Instituto Americano de Normas
- ASME – Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos
- ISO – Organização internacional de Normas.

As referências mais importantes para o projeto mecânico são:

- Manual de dimensionamento de Estruturas Metálicas. Rui A. D. Simões. Associação Portuguesa de Construção Metálica e Mista. 2007;
- Eurocódigo 3: Projecto de estruturas de aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios (EC3-P1.1);
- Eurocódigo 3-Projeto de estruturas de aço Parte 1-8-Projeto de ligações (EC3-P1.8);
- O REAE e o RSA.

2.2.2 Materiais utilizados no projeto de estruturas metálicas

Em projeto de estruturas metálicas o aço é o material mais utilizado devido ao seu comportamento em termos mecânicos, a nível de deformações e tensões. O aço é constituído por liga ferro-carbónica formada a partir de minérios de ferro, cujos componentes principais são o ferro e o carbono [27-28]. Os aços laminados a quente: possuem uma percentagem reduzida de carbono (da ordem de 0.2%), e são os mais usados na construção metálica. Os aços enformados a frio: normalmente são usados em perfis e em chapas e especificados em EC3-P1.1. Os aços com características especiais: usados em elementos de ligação (parafusos, porcas, anilhas, etc.), especificados em EC3-P1.8. No mercado existem vários produtos normalizados, placas, blocos, tarugos, chapas, perfis, trilhos, barras, tubos, folhas, trefilados, estes produtos têm o seu processo de fabrico por: laminagem quente e frio e conformação [28].

Os aços preconizados no REAE para construção metálica: S235, S275, S355 tem como propriedades Aço Carbono / Manganês para construção metálica de aplicações múltiplas com a garantia de um valor mínimo de tensão de cedência e carga de ruptura. É um aço que solda facilmente pelos processos convencionais. Além de possuir boas características mecânicas tem também boa tenacidade. É normalmente utilizado na construção metálica e na caldeiraria em geral e em peças que necessitem de tensões de cedência entre 235 N/mm² e os 355 N/mm² na Tabela 1 verifica-se as dimensões/esp.(s). É utilizado em gruas, depósitos, pontes, torres eólicas, carroçarias, etc. Na Tabela 1 apresentam-se as dimensões/espessuras destes aços.

Na NP EN 1993 -1-1 [28] podemos ver as características mecânicas destes materiais S235, S275 e S355. As ligas de alumínio, teflon, bronze permitem reduzir o peso dos componentes e estruturas, sendo materiais bons para o deslizamento e com baixos coeficientes de atrito. A força de atrito não depende da área de contato entre as superfícies, apenas da natureza destas superfícies e da força

normal que tende a fazer uma superfície “penetrar” na outra. Materiais diferentes podem proporcionar ligações de deslizamento melhores [29].

Tabela 1 – Dimensões dos materiais e respectivas espessuras existentes no mercado.

S235JR		S275JR		S355J2+N	
<i>Dimensão (mm)</i>	<i>Espessuras (mm)</i>	<i>Dimensão (mm)</i>	<i>Espessuras (mm)</i>	<i>Dimensão (mm)</i>	<i>Espessuras (mm)</i>
2000x1000	2 a 10	2000x1000	6 a 200	2000x1000	6 a 200
2500x1250		2500x1250		2500x1250	
3000x1500		3000x1500		3000x1500	
6000x1500		6000x1500		6000x1500	
6000x2000		6000x2000		6000x2000	
8000x2000		8000x2000		8000x2000	
10000x2000		10000x2000		10000x2000	
12000x2000		12000x2000		12000x2000	
		8000x2500	5 a 100	8000x2500	5 a 100
		10000x2500		10000x2500	
		12000x2500		12000x2500	
				12000x3000	6 a 50

2.2.3 Tipos de soluções para estruturas metálicas

As estruturas metálicas industriais são constituídas por diferentes tipos de elementos e cada um destes elementos deve estar convenientemente unido às peças a si vizinhas. Na verdade, as propriedades mecânicas das uniões influem decisivamente no conjunto das mais importantes características da estrutura: resistência, rigidez e estabilidade. Existem vários tipos de estruturas metálicas industriais:

- Industrial/Comercial – de uma ou várias naves – em geral totalmente metálica com contraventamentos metálicos e/ou em parede de alvenaria resistente;
- Multipiso – em geral com pilares e vigas metálicos, lajes mistas (aço betão) e contraventamentos metálicos.

A construção de edifícios tipo industrial tem vários sistemas estruturais básicos [30]:

1. Coluna de suporte;
2. Sist. de contraventamento longitudinal;
3. Sist. de contraventamento transversal;
4. Sist. de cobertura;
5. Sist. de fachada.

A Figura 30 mostra os pormenores legendados com a numeração de 1 a 5:

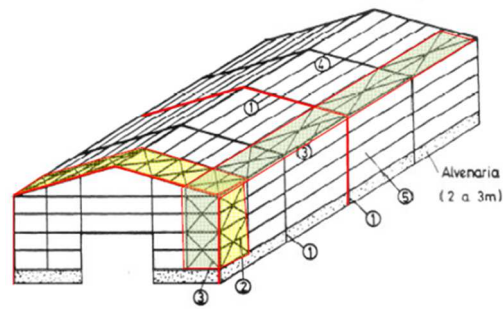


Figura 30 - Edifício tipo industrial [30].

O sistema estrutural principal pode ser feito de 2 tipos [30]:

- Sistema em pórtico;
- Sistema em estrutura Triangulada.

Os sistemas em pórtico são constituídos:

- Por montantes + travessas em perfis laminados (HEB, IPE) ou compostos (chapas soldadas);
- Com ligações que são simultaneamente junta de montagem (com /sem chapas de reforço);
- Com aparafusamento corrente/pré-esforçado.

O modelo estrutural é mostrado na Figura 31 [26]:



Figura 31 - Sistemas de pórticos [26].

O sistema em estrutura triangulada é constituído por perfis de asna triangular. Algumas das vantagens da estrutura triangular são:

- Estruturas mais leves (bom aspeto estético);
- Economia material.

As desvantagens da estrutura triangular são:

- Maior mão-de-obra (muitas ligações);
- Menor rigidez lateral e necessidade de meios sofisticados de cálculo, tais como: desenho, corte automático;
- No caso de geometria variável (pendentes elevadas) cada peça terá o seu comprimento, o que obriga a uma boa gestão na produção e montagem.

O modelo estrutural é mostrado na Figura 32 [27].

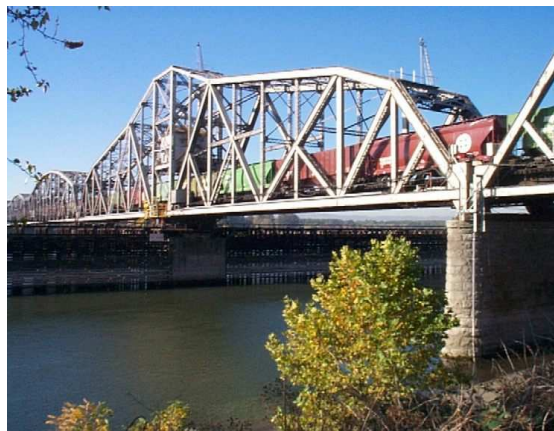


Figura 32 - Modelo estrutural triangulada [27].

Os métodos de contraventamento têm funções de garantir a estabilidade estática da estrutura, equilibrar as ações horizontais e melhorar a estabilidade da estrutura a ações horizontais. Existem vários tipos de contraventamento (Figura 33):

- Longitudinal vertical;
- Longitudinal horizontal;
- Transversal vertical e transversal horizontal.

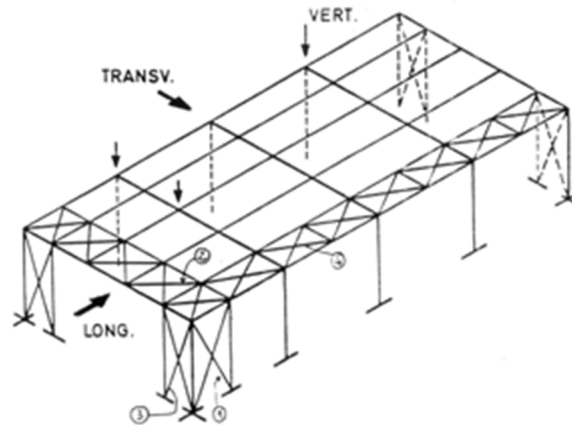
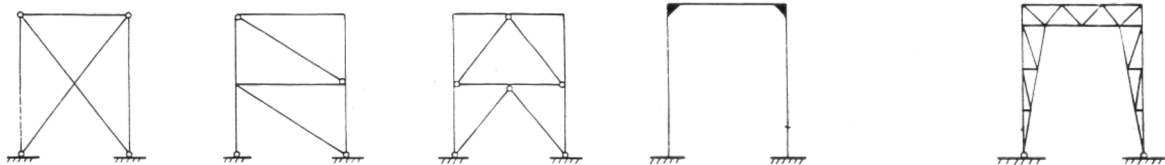


Figura 33 - Sistema de contraventamento e opções [30].

Existem várias formas e disposições dos métodos de contraventamento, todas as forças a contraventar são equilibradas pelos sistemas de contraventamento Figura 34, [35]:

- Sistema articulado: no método de contraventamento aparecem grandes esforços axiais, e pequenos momentos devido á ligações originais como soldaduras frágeis;
- Sistema em pórtico: no método. de contraventamento aparecem grandes momentos fletores e esforços transversos;
- Sistema misto: conjuga os dois casos anteriores aparecendo grandes esforços de corte.



Sistema Articulado

Sistema em Pórtico



Sistema Misto e Diagrama

Figura 34 - Vários sistemas de contraventamento [30].

Os sistemas de coberturas, fachadas ou empenas, são constituídos por chapas de revestimento apoiadas em perfis (madres), e podem ter tirantes e escoras de apoio intermédio. Os sistemas tradicionais de revestimento Figura 35 são: chapa de fibrocimento; chapa de aço perfilada (simples ou em *sandwich* com poliuretanos); chapa de alumínio perfilada e alumínio e zinco (simples ou em *sandwich* com poliuretanos); chapa translúcida (para iluminação) (policarbonato ou polipropileno) ou chapas de zinco. As tintas conferem melhor comportamento ao isolamento térmico, acústico e ao fogo [28] e [35].



Figura 35 - Estádio de Lille com chapas de revestimento [28].

Pode-se se dizer que existem outros tipos de estruturas de fábrica que servem para suportar matéria-prima ou produtos acabados e estruturas que fazem a movimentação de material. As máquinas industriais são construídas:

- Perfis em U;
- Perfis em I;
- Cantoneiras e barras;
- Chapas.

Na Figura 36 mostra-se um tanque de uma máquina de corte com vários perfis soldados e chapas aparafusadas. Na Figura 37, a estrutura em aço transporta matéria-prima ou produtos acabados, sobre carris, na figura falta desenhar o sistema de acionamento das rodas. Na Figura 38, tem-se um sistema de rotação que permite fazer 360 graus do centro da estrutura. Estas estruturas metálicas foram pensadas e projetadas para movimentar objetos e cortar vários tipos de materiais. Têm várias funcionalidades para determinadas situações e ambiente industrial, mas servem essencialmente para otimizar os custos e rentabilizar os movimentos de operários.

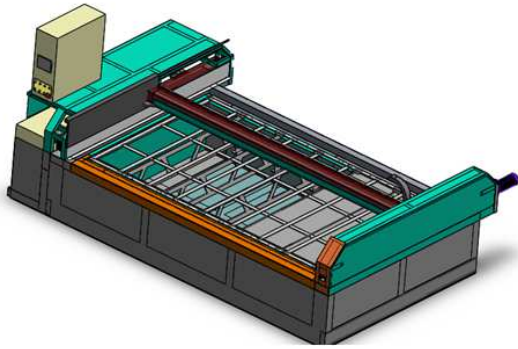


Figura 36 – Tanque de uma máquina de corte.

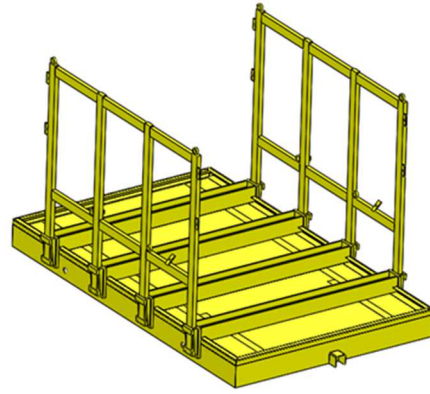


Figura 37 - Transportadora Horizontal de matéria-prima.

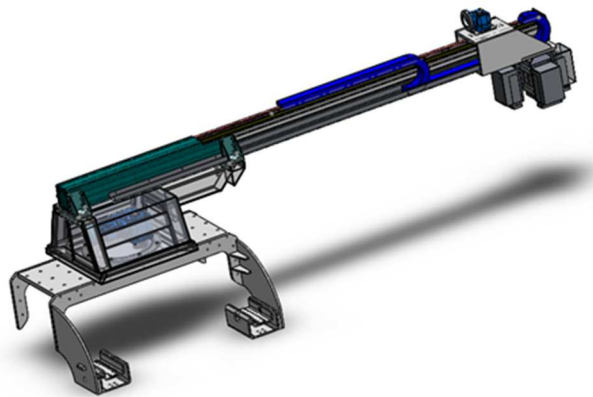


Figura 38 - Robô de rotação e movimentação.

2.2.4 Métodos de união entre componentes

Existem diversos sistemas de união de componentes em estruturas metálicas referenciados no EC3-P1.8 [31], apresentando métodos que permitem o cálculo e dimensionamento de ligações metálicas com diversas configurações, por meio de parafusos, rebites, cavilhas e soldaduras, sujeitas predominantemente a acções estáticas [24]. As ligações em estruturas metálicas são: normalmente realizados com parafusos que são sujeitos a várias solicitações.

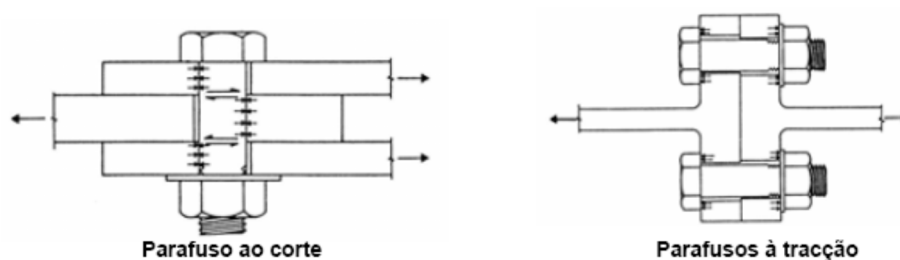


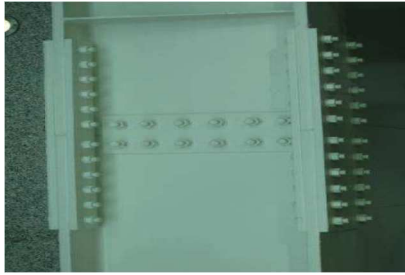
Figura 39 - Várias formas de solicitações.

Nas ligações com parafusos, rebites ou cavilhas o comportamento está especificado na EC3-P1.8, estas ligações, correntes entre peças metálicas, podem ser solicitadas ao corte e tração (Figura 39) [31].

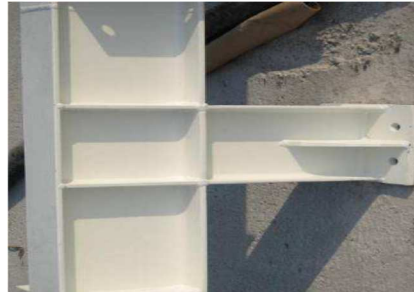
Para além das ligações e esforços com parafusos, rebites ou cavilhas, existem outras ligações soldadas, com vários tipos de soldadura tais como: ângulo (*fillet weld*); soldaduras de topo (*butt weld*); soldaduras por entalhe (*fillet weld all around*); soldaduras de bujão (*plug weld*); soldaduras em bordo arredondado (*flare groove welds*). Na Figura 40 [27-36] dá-se alguns exemplos de ligações existentes na atualidade, soldadas e aparafusadas. Através do EC3-1-8 8, dimensiona-se as generalidades de regulamentação com mais pormenor [31] das ligações aparafusadas e soldadas.

Existem outras técnicas que têm vindo a ser cada vez mais utilizadas em estruturas é a ligação adesiva e juntas rebitadas. Os adesivos estruturais são indispensáveis permitindo a utilização conjunta de materiais como o aço de alta resistência, ligas de alumínio e magnésio e plásticos reforçados com fibras. Apresentam grandes vantagens entre as quais [32,34]:

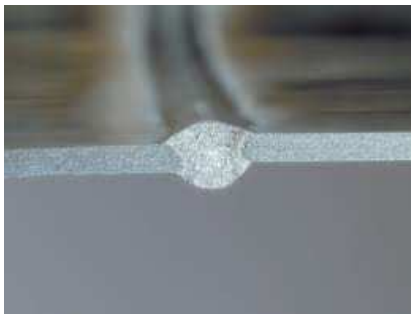
- Amortecimento de vibrações;
- Distribuição mais uniforme das tensões e rigidez com consequente aumento de resistência à fadiga;
- Podem ser aplicados por robôs;
- Permitem um contacto contínuo entre as superfícies ligadas;
- Evitam furos e marcas de soldaduras e redução de custos quando adequados a um sistema de montagem.



Ligação com chapa e cobre-juntas



Ligação por soldadura



Soldadura de topo



Soldadura em ângulo



Soldadura por entalhe



Soldadura por bujão



Ligação base e pilar (aparaf.)



Ligação viga-viga (aparaf.)

Figura 40 - Várias Ligações [24].

Desvantagens:

- Necessidade de um tratamento das superfícies a ligar;
- O processo de endurecimento pode ser bastante moroso;
- Resistência e durabilidade fortemente dependentes das condições de processamento;
- Durabilidade limitada em condições extremas de serviço;
- Difícil inspeção para verificação da qualidade da ligação;
- Podem ser mais caras que a fixação mecânica e desmontagem impossível ou difícil.

Os adesivos deve-se evitar esforços de clivagem e arrancamento, são bastantes resistentes á esforços de tração, corte e compressão. Os adesivos estruturais são utilizados na indústria automóvel, na indústria aeroespacial, na indústria aeronáutica, na indústria metalomecânica, entre outros [32]. Outro sistema de fixação consiste na utilização de juntas rebitadas. Têm um processo para unir chapas, através de deformação sem elementos adicionais, usando ferramentas especiais e assim obtendo uma união mecânica entre chapas. As ferramentas utilizadas são uma punção e uma matriz especial. Existem dois tipos básicos de matrizes: sólida de “cavidade fixa” e matrizes com componentes móveis. A punção força as duas chapas para dentro da cavidade da matriz, fazendo primeiro um embutido e quando a cavidade da matriz não permite a deformação vertical, a punção obriga os metais a fluir lateralmente. Este processo forma uma união “engargolada” permanente também conhecido como *clinch*. A rebitagem é usada principalmente na indústria automóvel [31].

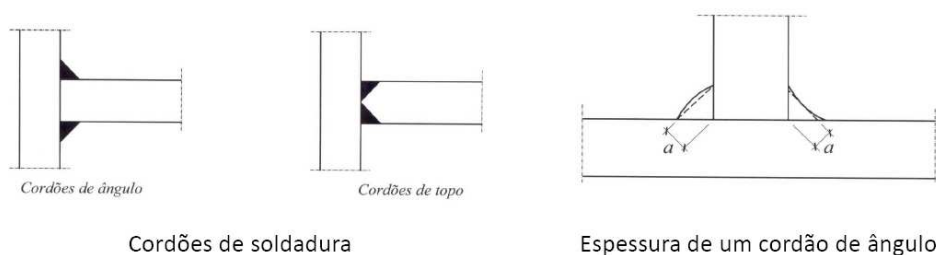


Figura 41 - Cordões de soldadura [28].

Pode-se concluir que as ligações soldadas tornam a estrutura mais leve em relação as aparafusadas. Na soldadura pode-se ter processos de soldadura automáticos e nas aparafusadas não acontece isso (processo de fabrico mais moroso). Na solda pode-se gerar porosidade no cordão da solda e haver mais corrosão em relação as ligações aparafusadas. As ligações aparafusadas são mais fácil de transportar do que as ligações soldadas [31].e [32].

Na norma pode-se ver alguns cordões de soldadura correntes: de ângulo e de topo e as suas características geométricas: espessura e comprimento especificados na norma NP EN 1993-1-8 Figura 41 [31].

2.2.5 Sistemas de deslizamento/movimento relativo

Os sistemas de deslizamento são efetuados por diversos materiais que beneficiem o deslizamento (baixo coeficiente de atrito). Os sistemas de deslizamento permitem o movimento relativo entre componentes de uma estrutura, tipicamente de apenas um eixo. Os materiais utilizados para um bom deslizamento são:

- Os *babbitts* de ligas baseadas em chumbo e estanho em combinação com outros elementos são muito efetivos. Os *babbitts* (mancais de deslizamento) são superfícies de apoio feitos para suportar cargas muitas vezes elevadas de eixos que giram, reduzindo ao máximo o desgaste gerado pelo atrito [33].
- Os bronzes a família de ligas de cobre, principalmente bronzes, são uma escolha excelente para mancais que correm contra aço e ferro fundido. O bronze é mais brando que os materiais ferrosos, tem boa resistência, maquinagem e resistência à corrosão, correndo bem contra as ligas ferrosas quando lubrificadas. Há cinco ligas comuns de cobre usadas em mancais e guias: cobre- chumbo, chumbo-bronze, estanho-bronze, alumínio-bronze e cobre e berílio.
- O ferro fundido cinzento e aço são materiais razoáveis para mancais quando deslizam entre si a baixas velocidades. A grafite livre do ferro fundido adiciona lubricidade, mas um lubrificante líquido também é necessário. O aço também pode correr contra o aço se ambas as partes forem endurecidas e lubrificadas. Esta é a escolha comum em contacto de rolamento e em mancais de elementos rolantes. De fato, o aço endurecido correrá contra quase todos os materiais com lubrificação apropriada. A dureza parece proteger o aço contra a adesão em geral [33]. O bronze sinterizado é amplamente usado em superfícies que se movem contra o aço ou ferro fundido.

Alguns materiais não-metálicos oferecem a possibilidade de correr a seco se tiverem lubricidade suficiente. A grafite é um exemplo. Alguns termoplásticos, como o nylon, acetal e teflon, oferecem um coeficiente de atrito pequeno contra qualquer metal, mas têm resistência e temperatura de fusão baixas, limitando as cargas e velocidades de operação que eles podem sustentar. O teflon tem um coeficiente de atrito muito baixo (aproximadamente aos valores do rolamento), mas requer aditivos

para aumentar sua resistência. Aditivos inorgânicos como o talco ou fibra de vidro adicionam resistência significativa e rigidez para qualquer um dos termoplásticos, mas às custas de valores mais elevados de coeficiente de atrito e de abrasividade aumentada. A grafite e o pó de MoS, também são usados como aditivos e adicionam lubricidade, bem como resistência mecânica e térmica. Os mancais de termoplásticos normalmente são práticos apenas onde as cargas e as temperaturas são baixas. As combinações de material são usadas recentemente na construção de máquinas [33].

2.3 Método de Elementos Finitos

2.3.1 Introdução ao Método de Elementos Finitos

O MEF é uma técnica numérica de resolução de problemas de variados tipos que se sabe terem de satisfazer certas expressões integrais ou diferenciais, mas cuja complexidade impede saber ao certo o resultado final. No âmbito da Engenharia de Estruturas, o MEF permite a determinação do estado de tensão e de deformação de um componente ou estrutura de geometria arbitrária sujeito a ações exteriores de variados tipos (estáticos, dinâmicas, etc). Este tipo de cálculo tem a designação genérica de análise de estruturas e surge, por exemplo, no estudo de edifícios, pontes, barragens, etc. Quando existe a necessidade de projetar uma estrutura, é habitual proceder-se a uma sucessão de análises e modificações das suas características, com o objetivo de se alcançar uma solução satisfatória, quer em termos económicos, quer na verificação dos pré-requisitos funcionais e regulamentares [48].

O aumento da complexidade das estruturas e da capacidade dos computadores favoreceu a crescente utilização e automatização de novos métodos de análise, nomeadamente o MEF. O MEF estendeu-se a outros domínios como o da transferência de calor e da mecânica dos fluidos [37-40], do eletromagnetismo, das vibrações mecânicas e acústicas [37, 41, 42], da visão por computador, da computação gráfica [43-45], da realidade virtual (nomeadamente em simulações cirúrgicas [45]), etc. O objetivo do método é a obtenção de uma formulação que possa explorar a análise, de forma automática, de sistemas complexo se/ou irregulares, por intermédio de programas computacionais de uma forma rápida e determinar as variáveis de campo nos nós (sistema de equações global), sendo usadas funções de interpolação para determinar as variáveis nos pontos não nodais.

Para atingir tal objetivo, o método considera o sistema global como equivalente a um agrupamento de elementos finitos no qual cada um destes é uma estrutura contínua mais simples. Impondo que em certos pontos comuns a vários elementos, designados por nodos ou nós, os deslocamentos sejam compatíveis e as forças internas em equilíbrio o sistema global, resultante do agrupamento, reage como uma única entidade. A ideia base do MEF consiste na divisão do corpo ou estrutura a analisar em elementos de dimensões finitas, ligados por nós, e obtenção de uma solução aproximada [46 - 47]. A

vantagem do método é que o comportamento global pode ser obtido pelo agrupamento das equações determinadas individualmente para cada elemento finito utilizado na modelização. O movimento em qualquer ponto no interior de cada um destes elementos é obtido por intermédio de interpolação sendo, geralmente, as funções de interpolação polinómios de grau reduzido e iguais para elementos do mesmo tipo. Uma outra vantagem do MEF é a facilidade com que a sua generalização pode ser conseguida para a resolução de problemas bidimensionais e tridimensionais constituídos por vários materiais diferentes e com fronteiras irregulares.

O MEF apresenta diversas formulações possíveis. Em problemas estáticos, por exemplo no caso da análise estrutural, é comum derivar-se a matriz de rigidez utilizando-se a abordagem direta, que consiste no relacionamento do vetor dos deslocamentos nodais com o vetor das forças nodais. Tal abordagem apresenta algumas dificuldades em problemas dinâmicos, tais como na análise de vibrações, sendo preferível neste tipo de problemas obter-se para cada elemento individual a derivação das matrizes de rigidez, de massa e do vetor das forças não conservativas nodais a partir respetivamente da energia cinética, da energia potencial e da expressão dos trabalhos virtuais [48].

Note-se que o MEF não dá soluções exatas. No entanto à medida que se usa mais e mais elementos na modelização deve a solução obtida convergir para a solução exata. Verifica-se que do ponto de vista custo/precisão é mais vantajoso usar poucos elementos com funções de interpolação de grau superior de que muitos elementos simples [46].

2.3.2 Vantagens da utilização em projeto/dimensionamento

O MEF está sustentado em ferramentas de CAD/CAE avançadas, as quais permitem não apenas definir as dimensões do produto concebido, como também outras características, como materiais, acabamentos, processos de fabricação e de montagem e até interações com elementos externos, como forças aplicadas, temperatura, etc. O MEF traz maior eficiência nos trabalhos realizados, requerendo muito menos tempo, pois os cálculos e análises referentes ao projeto são rapidamente feitos por métodos numérico-computacionais. Este método dá-nos as seguintes vantagens para projeto/dimensionamento:

- Menor Custo: A simulação de protótipos é muito mais barata em relação a um protótipo real.
- Aperfeiçoamento do Produto: As simulações permitem rapidamente avaliar o desempenho do projeto com o meio em que irá atuar.
- Agilidade e flexibilidade da empresa no mercado: As rápidas transições que acompanham o ciclo de vida do produto necessitam de agilidade e flexibilidade para o setor de engenharia empreender novos projetos, e o MEF com sua maior eficiência consegue proporcionar isto.

- Reutilização: tanto cálculos como desenhos de partes do projeto são reaproveitadas em novos projetos aumentando a velocidade do *design*.
- Rápida alteração: ligada à reutilização, algumas vezes é preciso apenas redimensionar algum componente ou material, exemplo, alterar o valor do elemento no projeto.

2.3.3 *Software* comercial e potencialidades em projeto de estruturas

No mercado existe uma grande variedade de *softwares*, todos eles paramétricos, existindo diferenças entre eles: uns mais intuitivos, outros menos, outros mais potentes. Existem programas de desenho mecânico mais caros e menos caros. As empresas compram os *softwares* à sua medida e necessidade. Ainda existe um clima de desconfiança em relação a certos programas menos conceituados, por desconhecimento destes (por exemplo o *Geomagic Design Alibre*). No mercado atualmente temos o Solidworks, Inventor, Catia, Creo, Geomagic Design, entre outros. Estes têm como características principais, dependendo dos módulos e o preço das licenças:

- Utilizar diferentes materiais;
- Condições de contato que as peças e conjuntos estão sujeitas;
- Definir a (s) carga (s) (condições do projeto);
- Definir a malha com refinamento seletivo;
- Simplificação do espaço de modelação;
- Visualização gráfica;
- Resultado da análise (Tensão de Von Mises; Deformação, deslocamentos e CS (definidos);
- Criação de relatórios;
- Saída de dados para o Microsoft Excel.

O *SolidWorks Simulation* é uma ferramenta totalmente integrada no *Solidworks* e destinada ao mundo das análises por MEF, trabalhando com peças e conjuntos necessários como carregamentos, fixações, contato entre componentes, elementos de fixação, etc. Como resultado dá informações precisas acerca das tensões, deslocamentos, deformações e fator de segurança definidos (que permitem não haver riscos para as estruturas), deste modo otimiza-se e desenvolve-se projetos melhores. Um dos objetivos do *SolidWorks Simulation* é proporcionar um tempo menor para lançamento de um produto, através da redução do tempo gasto com protótipos, bem como minimizar os custos dessa etapa desenvolvendo projetos ainda mais confiáveis [49]. O *Inventor* e o *Creo* proporciona as mesmas vantagens que o *Solidworks* [49-59].

Em conclusão, no *Geomagic Design* (antigo *Alibre* criado no Texas) os resultados das análises demoram mais tempo, em relação aos outros *softwares*. É uma solução viável para empresas que não precisem de uma ferramenta potente. O *Solidworks* é mais intuitivo e quase ensina o utilizador a desenhar a malhar as estruturas e as peças. O *Solidworks* em relação ao Inventor é menos espontâneo, não é tão intuitivo, o *Creo* assemelha-se ao Inventor. Em comparação o *Cátia* está ao mesmo nível destes com uma vantagem, tem um novo conceito de desenho paramétrico e os resultados dos elementos finitos são melhor (mais preciso).

2.3.4 Exemplos de dimensionamento em software

Neste capítulo dá-se alguns exemplos de estruturas mecânicas que foram projetadas em *softwares* de MEF, mostra-se os resultados das estruturas. O exemplo 1 é um pórtico guindaste move-se em ângulos retos na direção dos trilhos. Este pórtico guindaste pode transportar e movimentar cargas muito pesadas e é usado em estaleiros ou instalações industriais. Neste exemplo 1, o pórtico guindaste tem uma capacidade de elevação de 320 toneladas é modelado no *SolidWorks*, tem uma altura de elevação de 4500 mm. O tipo de elemento usado no modelo foi o elemento de casca quadrático (S4R). O número total de elementos foi 398602. O material utilizado neste pórtico é aço ST42, Tabela 2. O exemplo 1 foi malhado da seguinte forma, Figura 42 [53]:

Tabela 2 – Propriedades do material do pórtico guindaste [60].

Propriedades do material	
Módulo de Young	$2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente de Poisson	0,3
Densidade	8 ton/m^3

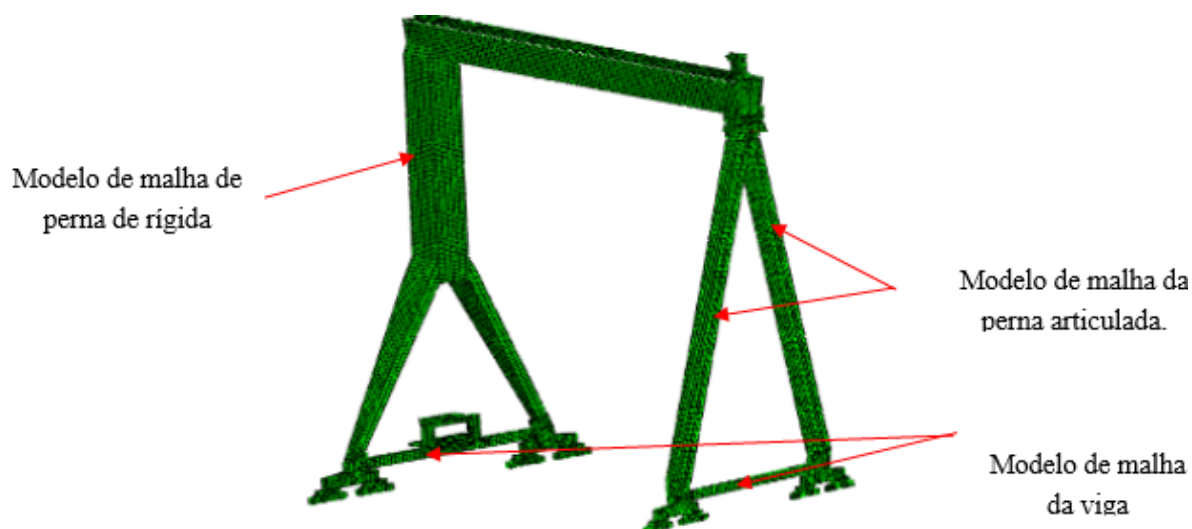


Figura 42 – Modelo de malha.

A comparação dos resultados que são alcançados pelo MEF e os cálculos analíticos estão ilustrados na Tabela 3. As tensões obtidas são de von Mises.

Tabela 3 – Comparação dos resultados [60].

Elemento	Tensões obtidas por via analítica [N/mm ²]	Tensões obtidas pelo MEF [N/mm ²]
Viga principal	168	163
Rigidez da perna (torre)	153	138
Rigidez da perna menor	157	141
Perna articulada	170	135
B. Viga igualadora	165	156
S. Viga igualadora	147	127

O desvio entre os dois métodos não excede os 20%. Os valores analíticos de tensão são sempre superiores aos valores de tensão do MEF obtidos, significa que a estrutura é segura de acordo com as normas DIN. A tensão admissível do material utilizado é (180 MPa) [54]. Neste estudo pode-se diminuir o material e os reforços da estrutura sem haver perigo de derrocada. Com os resultados da Figura 42 nota-se que existe desperdício de material podendo ser evitado na concepção do pórtico guindaste, deste modo apresentar uma estrutura mais leve, durável e confiável, isso é extremamente importante no projeto [53].

No exemplo 2, no procedimento analítico gerado no *Mathcad* adotou-se uma convenção de sinais para se determinarem as tensões atuantes em cada seção de interesse da viga a partir das solicitações calculadas no *Ansys*. O *Ansys* calcula, com elemento utilizado neste trabalho, as tensões somente nas extremidades da seção de acordo com altura largura da viga conforme Figura 43 e Figura 44. Na Figura 43 e no procedimento de verificação à flambagem consideram-se outros pontos da seção e não nas extremidades. A Figura 44 indica quais foram os pontos adotados, as tensões de flexão nos pontos de interseção entre a alma e aba da viga calculando o momento fletor e a tensão calculada pelo *Ansys*. Neste projeto utilizou-se o modelo paramétrico com elementos de viga com três graus de liberdade em cada nó [53].

Tabela 4 – Verificação dos valores do ponto ótimo [60].

Critério	Valor	Valor Admissível
Escoamento	80,47 MPa	<166,67 MPa
Autovalor (caso crítico)	8,32	>1,00
Coef. segurança de flambagem local	2,38	>1,00
Deslocamento da perna	0,030 m	<0,030 m
Espessura mínima	8,00 mm	>8,00 mm

Foram feitos vários ensaios como mostram as Figura 43 e Figura 44 ao longo da estrutura e aplicadas várias tensões no pórtico e verificou-se que os critérios estabelecidos na Tabela 4 foram aceitáveis. Tentou-se ao longo deste trabalho diminuir as espessuras no pórtico rolantes, onde era possível e verificar os valores aceitáveis. O *Ansys* faz com que se possa-se otimizar os projetos de pórticos rolantes e dar respostas confiáveis principalmente quando se tem muitas variáveis [53].

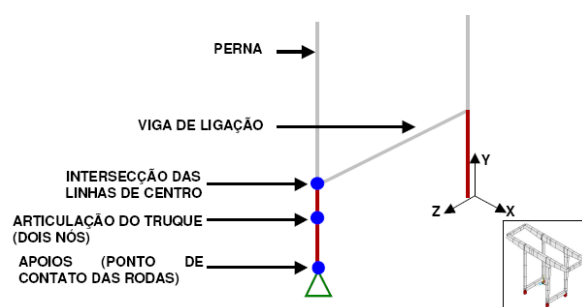


Figura 43 – Nó dos apoios.

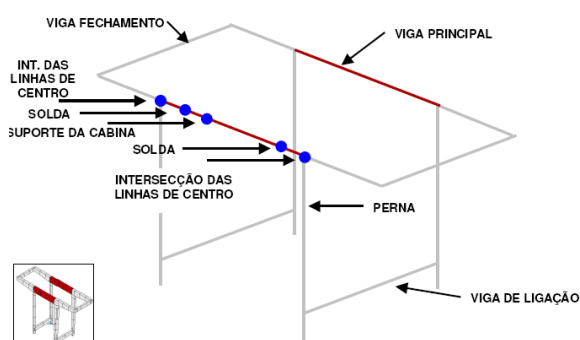


Figura 44 - Nós do vão.

No exemplo 3 faz-se um estudo dum carro apresentado na Figura 45, este equipamento é destinado ao transporte de plataformas de corte. Na sua estrutura tem perfis I e U soldados, cantoneiras, barras redondas, tubos e chapas. O material utilizado SAE1020 e o seu peso total é de 3350 kg. A Tabela 5 mostra pormenores da malha no chassis. O carro foi restringido nos pontos como mostra a Figura 46. Admitiu-se que os pontos mais suscetíveis a deformação devido às cargas são no chassis nos pontos de apoio, o engate da barra de tração e os eixos dianteiro e traseiro. Para analisar as tensões que atuam na estrutura, considerou-se as forças máximas totais de 4905 kg mostradas na Figura 47.



Figura 45 – Carro de transporte [61].

Tabela 5 – Informações da malha no chassis [61].

Tipo de malha	Malha sólida
Gerador de malhas usado:	Malha com base em curvatura
Pontos jacobianos	4 pontos
Tamanho máximo de elemento	100 mm
Tamanho de elemento mínimo	20 mm
Qualidade da malha	Malha com qualidade rascunho
Total de nós	179601
Total de elementos	552206
% de elementos com proporção <3	25,6
% de elementos com proporção <10	0,996

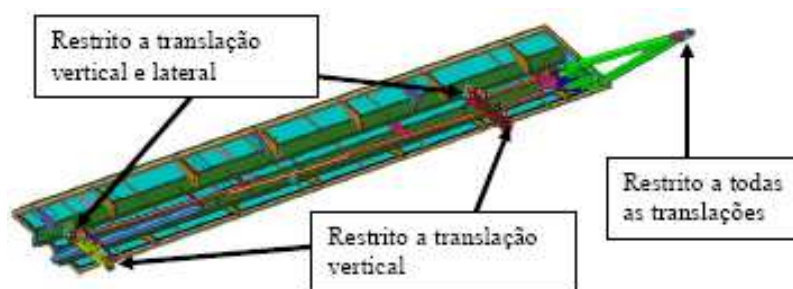


Figura 46 – Pontos que foram restringidos [61].

A localização das forças aplicadas é mostrada na Figura 47.

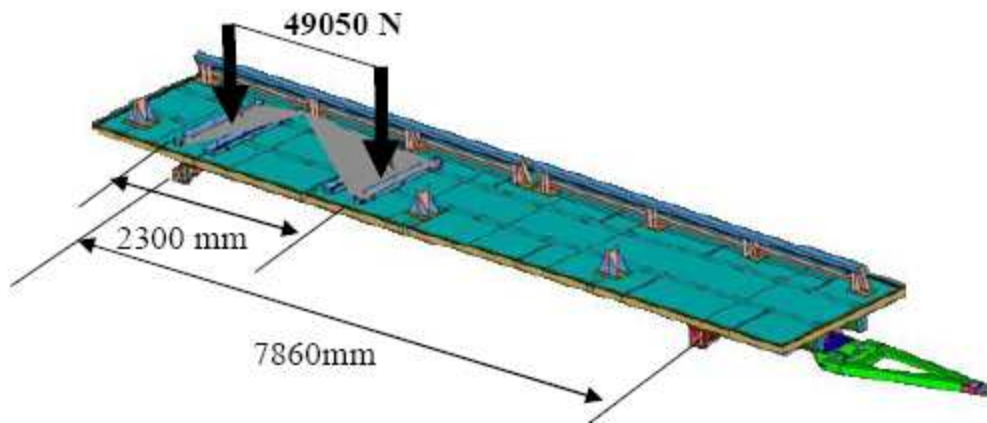


Figura 47 – Local da carga aplicada e a distância entre as cargas [61].

O ponto de maior esforço ocorreu no eixo traseiro, evidenciado com o *software ANSYS* (Figura 48).

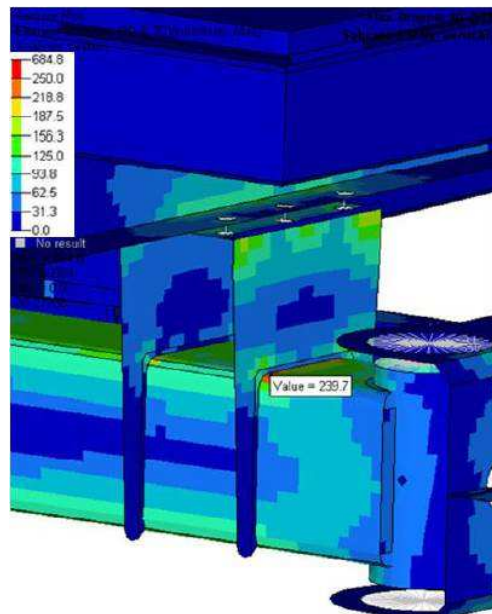


Figura 48 – Eixo traseiro com 239,7 MPa, local da maior tensão de von Mises [61].

Os resultados obtidos e interpretados de acordo com a escala de cor das figuras e o valor das tensões e deformações encontradas mostraram que o eixo traseiro sofre maior deformação devido ao peso e ao posicionamento do centro de gravidade da plataforma ser sobre o eixo traseiro.

2.4 Sistemas de acionamento de estruturas metálicas

Os sistemas de acionamento de estruturas metálicas são usados para o controlo do movimento e movimentação relativa dos componentes das mesmas. O atuador é um elemento que produz movimento, atendendo a comandos que podem ser manuais, elétricos ou mecânicos. Como exemplo, referem-se cilindros pneumáticos ou hidráulicos e motores (dispositivos rotativos com acionamento de diversas naturezas). Já a unidade de controlo é responsável pela monitorização dos parâmetros operacionais requeridos para realizar as tarefas do sistema. São abordados neste capítulo os diversos componentes ligados aos sistemas de movimentação, como os sensores, os atuadores e a unidade de controlo [62-64].

➤ Sensores

Sensores são transdutores, ou seja, conversores de grandezas físicas em sinais elétricos correspondentes. Um robô é equipado com sensores para monitorizar a velocidade com que se move, a posição em que se encontra, a localização de uma peça a ser manipulada, as dimensões da peça, a aproximação de um ser humano ou o impacto com um obstáculo [65]. Os sensores podem ser classificados como [67]:

- Sensores externos que lidam com a observação de aspetos do mundo exterior ao robô. Sensores de contato, de proximidade, de força, de distância, de laser, de ultra-som, de infravermelhos e sensores químicos são exemplos de sensores externos [67];
- Sensores internos que fornecem informação sobre os parâmetros internos do robô, como por exemplo, a velocidade ou sentido de rotação de um motor. Potenciômetros, codificadores (*encoders*) e os sensores de inércia (incluindo acelerómetros, giroscópios, inclinómetros e bússolas), são exemplos de sensores internos;
- *Encoders*.

Os *encoders* (Figura 49) são dispositivos eletromecânicos usados para servo posicionamento. São eles que fornecem os dados de posição para o controlo de acionamento dos motores. Um *encoder* típico usa sensores óticos para fornecer uma série de pulsos que são traduzidos em movimento, posição ou direção [65]. Aplicação: podem ser utilizados em conjunto com contadores, tacómetros, controladores lógicos programáveis ou conversores de frequência para sinais analógicos. Estes fornecem medidas e controlos precisos em velocidades de rotação, velocidades lineares, posicionamentos angulares, volumes ou escoamento de produtos líquidos, robótica e outras aplicações em processos diversos [63].



Figura 49 - Aspeto físico de alguns encoders industriais [63].

- Os atuadores podem ser hidráulicos, pneumáticos e mecânicos. Um servomecanismo submete-se a comandos, os atuadores informam o sistema se a tarefa solicitada foi executada.
- Atuadores hidráulicos: movimentam-se através de um fluido à pressão. São utilizados em muitos casos que operam grandes cargas, onde é necessária grande potência e velocidade.
- Atuadores pneumáticos: utilizam o ar para movimentarem-se. São mais baratos que os hidráulicos, sendo usados em robots de pequeno porte. Oferecem baixa precisão, ficando limitados a operações do tipo pega-e-coloca.
- Atuadores eletromagnéticos: motores elétricos (de passo, servos, corrente continua ou corrente alternada) ou músculos artificiais, usados em robots de pequeno e médio porte [62].
- Unidade de Controlo (UC), responsável por gerar todos os sinais que controlam as operações no exterior do CPU e consegue dar instruções para o correto funcionamento interno do CPU. Um sistema de controlo consiste de subsistemas e processos (ou plantas) reunidos com o propósito de controlar as saídas dos processos, onde uma entrada de referência é comparada com a saída do sistema, gerando um sinal de erro. O elemento controlador trata estes sinais que posteriormente são amplificados e enviados aos atuadores do sistema [66]. Assim, a unidade de controlo responde pela gestão e monitorização dos parâmetros operacionais requeridos para realizar as tarefas do robot. Os comandos de movimentação enviados aos atuadores são originados de controladores de movimento e baseados em informações obtidas pelos sensores [62]. Como exemplo de unidades de controlo, citam-se os computadores industriais, PLC, placa controladora de passo e os sistemas embutidos.

2.4.1 Sistemas eletromecânicos

Os sistemas eletromecânicos usam energia elétrica. Estes atuadores são comuns na indústria da robótica com características de controlo, precisão e confiabilidade [68]. Os motores eletromecânicos são agrupados em 3 categorias:

- Motores de corrente alternada (AC).
 - Motores de corrente contínua (DC).
 - Motores de passo.
-
- **Motores AC:** Enquanto nos motores convencionais de DC o estator e o rotor necessitam de alimentação, nos motores AC só o estator é alimentado, pelo rotor recebendo energia por indução, daí, estes motores designarem-se por motores de indução. O motor de indução trifásico ou motor assíncrono trifásico (*Three-Phase Induction Motor*) é atualmente utilizado na maioria dos acionamentos industriais. Trata-se de uma máquina robusta, de construção simples, de rendimento elevado, de baixa manutenção, facilmente colocada em serviço, mais barata comparada com outras e com binário de arranque que atende a maioria das aplicações (Figura 50).

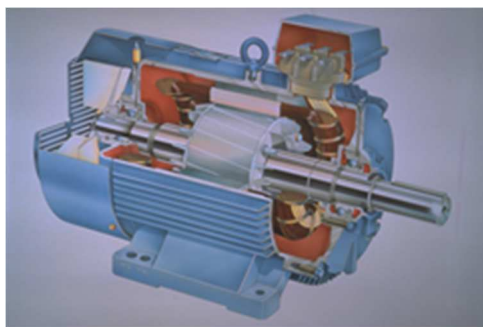


Figura 50 - Motor AC [65].

Sendo a distribuição da energia elétrica feita em corrente alternada e apresentando o motor de indução trifásico uma grande simplicidade, robustez e baixo custo, é o motor mais utilizado. Associado a um controlador eletrónico de velocidade, ele é adequado para quase todos os tipos de acionamentos industriais. Os tipos básicos de motores de indução são os trifásicos e os monofásicos. Os motores de indução monofásicos normalmente têm potências baixas, sendo normalmente utilizados no acionamento doméstico. Por outro lado, os motores de indução trifásicos são utilizados na maioria dos acionamentos industriais.

- **Motores DC:** São motores que utilizam uma fonte de tensão contínua, o motor DC, Figura 51, é uma máquina que tem como principal característica o controlo preciso, entre amplos limites, de velocidade. Atualmente, esta regulação é realizada com controladores eletrónicos. As grandes desvantagens são o seu custo, mais elevado que um motor AC para a mesma potência, uma maior manutenção e o fato de os seus enrolamentos não poderem ser alimentados diretamente da rede de distribuição pública.

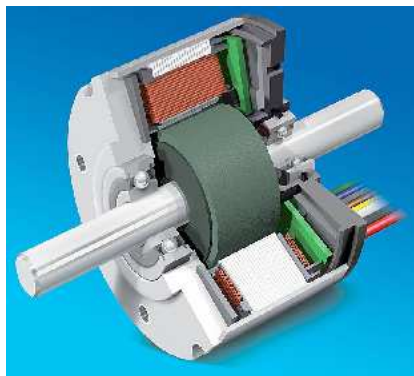


Figura 51 motor DC em corte [69].

Os motores DC têm vindo a perder terreno relativamente aos motores de indução. A sua grande vantagem que era a facilidade na regulação da velocidade, nos dias de hoje, está facilmente ao alcance dos motores de indução com o controlo eletrónico de velocidade. O preço é mais elevado em relação com os motores de indução, e para além disso os motores de DC possuem coletor e escovas, órgãos sujeitos a desgaste, o que torna a sua manutenção mais frequente.

- **Os motores de passo:** têm um atuador electromecânico que converte impulsos electrónicos em deslocamentos angulares (ou lineares) precisos, (Figura 52).

A cada impulso de comando o eixo do motor roda um pequeno ângulo (passo) e permanece estável nessa posição se mais nenhum impulso for aplicado. Aplicando-se séries de impulsos, obtém-se o deslocamento angular desejado. Estas características conferem a este tipo de motor uma grande facilidade de interligação com sistemas digitais. Os motores de passo não possuem escovas e apresentam excelente binário a baixa rotação. São utilizados em aplicações onde seja necessário controlar um deslocamento angular, um posicionamento ou velocidade, daí serem ideais para mecanismos que requerem movimentos precisos na robótica, periféricos de computadores, máquinas de ferramenta.



Figura 52 - Motor de passo [70].

2.4.2 Sistemas óleos-hidráulicos

Os sistemas hidráulicos são constituídos por elementos óleo-hidráulicos e define-se como o ramo da engenharia que estuda o uso de fluidos incompressíveis, confinados e sob pressão transmitem potência. De seguida falamos de alguns componentes [71-72]:

- **Os atuadores hidráulicos:** transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear, a qual é aplicada a um objeto resistivo para realizar trabalho.
- **Bombas hidráulicas:** são usadas para converter energia mecânica em energia hidráulica. Tem um mecanismo de bombeamento composto de duas engrenagens, uma delas a motora, é ligada a um eixo que é conectado a um elemento acionador principal. A outra engrenagem é a engrenagem movida.
- **O motor de pistão:** é um motor de deslocamento positivo que desenvolve um momento de saída no seu eixo por meio da pressão hidráulica que age nos pistões. O conjunto rotativo de um motor de pistão consiste basicamente de placa de deslizamento, tambor de cilindro, pistões, placa retentora, mola de retenção, placa de orifício e eixo.
- **Os motores hidráulicos:** convertem o fluxo de um líquido sob pressão em um movimento rotativo. Um motor hidráulico é simplesmente uma bomba hidráulica trabalhando ao contrário: em vez das peças mecânicas movimentarem o fluido, o fluido de alta pressão é que empurra as peças mecânicas, levando-as e movendo-se.

Vantagens dos sistemas hidráulicos:

- Robustez, em termos mecânicos simples e com uma paragem segura;
- Alta relação potência/peso;
- Velocidades moderadas e com controlos precisos.

Desvantagens dos sistemas hidráulicos:

- O seu custo é elevado; com gamas de produtos pequenas;
- Precisa-se de fonte de potência e baixa eficiência;
- Em movimentos rápidos para um determinado ponto, oscilação na desaceleração;
- Custos de manutenção elevados (filtros na mudança de óleo, fugas) e poluição nos locais de instalação (óleo) e ruídos altos com o seu funcionamento.

Pode-se ver a seguir uma ilustração, Figura 53, de um funcionamento simples de um atuador hidráulico [73]:

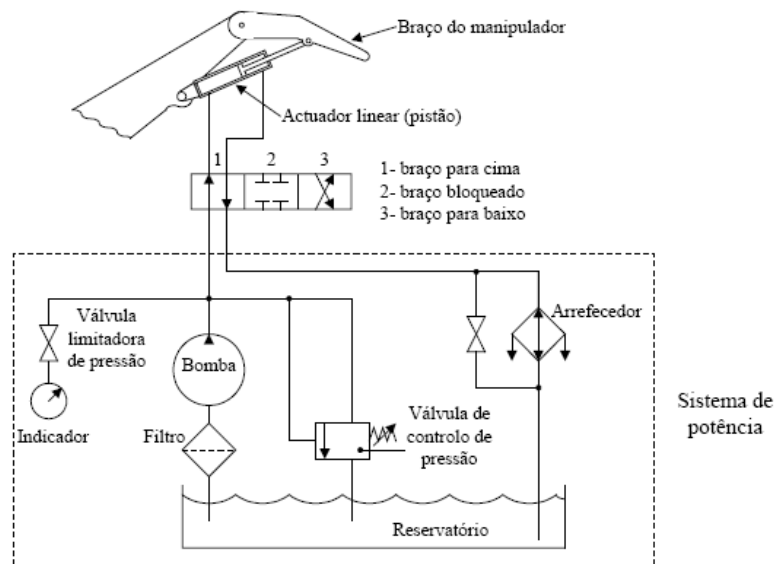


Figura 53 - Sistema hidráulico elementar, com atuador linear [73].

As partes constituintes fundamentais são:

- Reservatório de fluído;
- Uma bomba para pressurizar o fluído no sistema (aciona-se por um motor elétrico).

Em comparação com os restantes sistemas são importantes para trabalhar com pressões elevadas e o seu funcionamento é mais simples. São praticamente imunes a distúrbios elétricos. Têm instalação e manutenção cara em relação aos restantes. A relação peso/tamanho dos motores hidráulicos são menores aos motores elétricos [71, 73, 74].

2.4.3 Sistemas pneumáticos

Na pneumática a potência fornecida aos sistemas é feita através de um fluído, gasoso. Estes sistemas são usados em diversas aplicações, como, movimentos lineares e rotativos em máquinas com processos robóticos, prensas pneumáticas, martelos pneumáticos, entre outros. No sistema pneumático o fluído normalmente usado é o ar.

Atuadores pneumáticos: são elementos mecânicos que por meio de movimentos lineares ou rotativos transformam a energia cinética gerada pelo ar pressurizado e em expansão, em energia mecânica (força ou momento transferido à carga), produzindo trabalho. Habitualmente estão limitados a aplicações com forças baixas (baixas pressões do ar: 1 a 7 bar) [70, 76,76]. Esses movimentos podem ser lineares, rotativos ou oscilantes. Os sistemas pneumáticos têm vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- Custos baixos em termos de manutenção e operação;
- Elevada variedade de componentes e fácil de implementar;
- Atingem altas velocidades.

Desvantagens:

- Necessita de filtragem do ar;
- Difícil de controlar a sua posição;
- Algum ruído devido ao compressor (os atuadores hidráulicos são menos ruidosos).

Apresenta-se de seguida um exemplo de montagem de atuador pneumático na Figura 54.

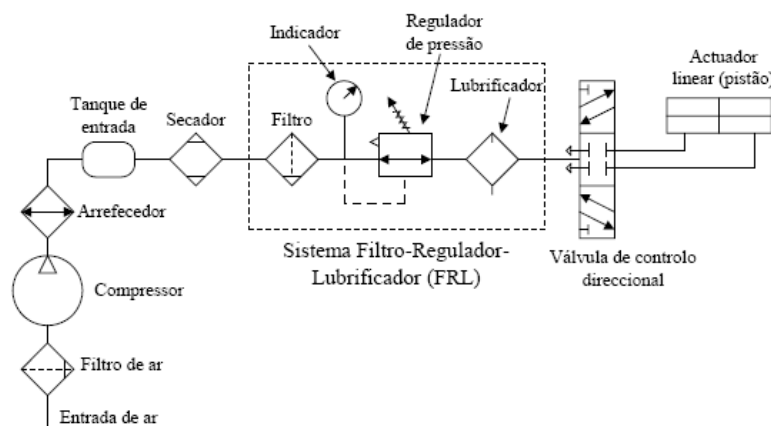


Figura 54 - Sistema pneumático elementar, com um atuador linear (pistão de dupla ação) [73].

3 Projeto do equipamento

No capítulo 3 descreve-se o projeto da estrutura, e o dimensionamento dos motores e dos redutores usados na rotação, elevação e translação. Dá-se um exemplo de dimensionamento dos parafusos e das ligações soldadas. Fala-se dos processos de fabrico e apresenta-se os desenhos de pormenor das peças, a lista de corte de cada subconjunto e os custos da estrutura. O robot serve para movimentar o material e tem como dimensões de atravancamento $6126 \times 3390 \times 2552 \text{ mm}^3$, ilustradas na Figura 55.

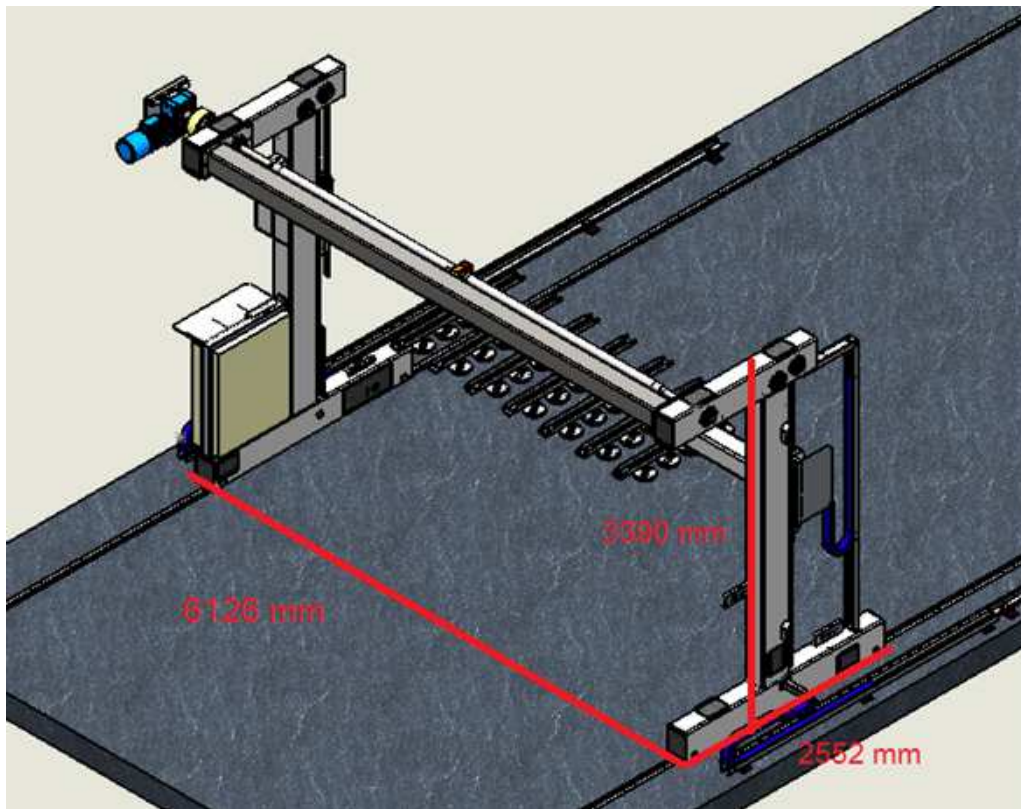


Figura 55 - Robot sem material nas ventosas e cotas de atravancamento.

O robot é constituído por dois moto-redutores de translação, um moto-redutor de rotação e um moto-redutor de elevação. O sistema para manipular as chapas é constituído por 28 ventosas e a sucção é efetuada por uma bomba de vácuo. As colunas da direita e da esquerda são constituídas por tubos de aço S275 retangulares de $300 \times 200 \times 8 \text{ mm}$ e a ligação é efetuada por um veio e dois tubos de aço S275

quadrangulares de 200×200×8 mm. O funcionamento da estrutura permite movimentar material de uma forma linear e eficaz. Foram desenhadas várias alternativas de armazenamento de chapa (Figura 56), no entanto estas não foram projetadas pois tal não se enquadra no âmbito desta dissertação. A estrutura de armazenamento A tem dois pisos para suportar as chapas permite uma maior arrumação, a estrutura B tem um piso, menor arrumação. A estrutura C (cavalete duplo) parece a solução com maior arrumação e mais prática. A estrutura C poderia ser a escolhida.

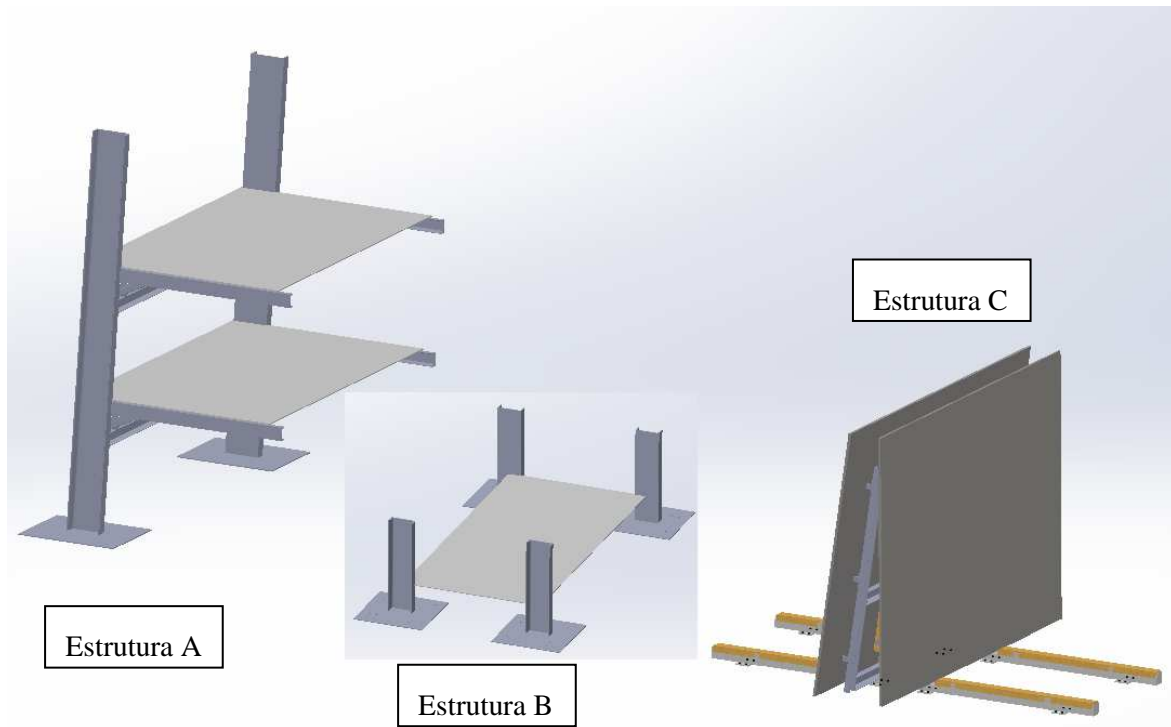


Figura 56 – Estruturas de armazenamento A, B e C.

3.1 Descrição e requisitos da estrutura a projetar

A estrutura foi efetuada para que cumprisse determinados requisitos e condições impostas. A estrutura deve-se mover em linha reta através de rodas sobre carris ou (guias). O curso máximo de elevação que o robot possui é de 2456 mm contém curso mínimo é de 334 mm como se mostra na Figura 57. Na translação (Figura 58) não há restrições de projeto para o curso do carril ou guia. Neste projeto deu-se o valor de 15 m.

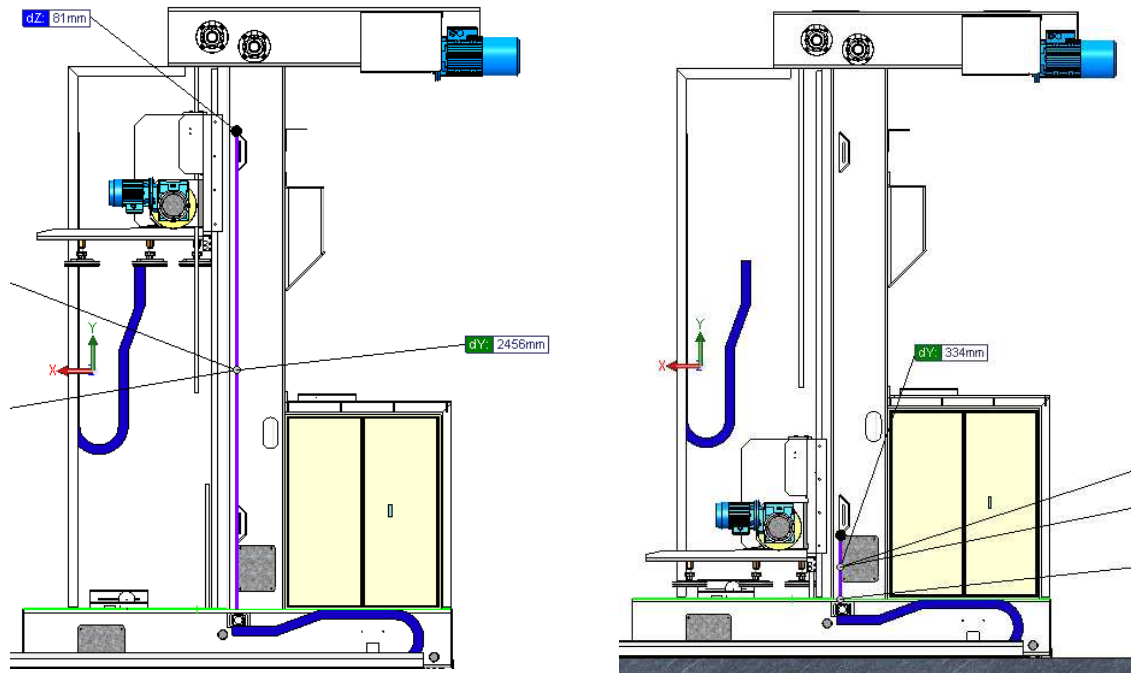


Figura 57 – Curso máximo e mínimo ou limite máximo e mínimo.

A estrutura move-se em linha reta, estipulado pelo comprimento do carril. A roda (Figura 59) tem um diâmetro exterior de 150 mm e um diâmetro interior 130 mm. A estrutura deve ter um sistema de rotação para rodar as chapas e pegar nas chapas num movimento de elevação. O sistema de elevação é efetuado por guias e carros transportadores, como mostra a Figura 58.

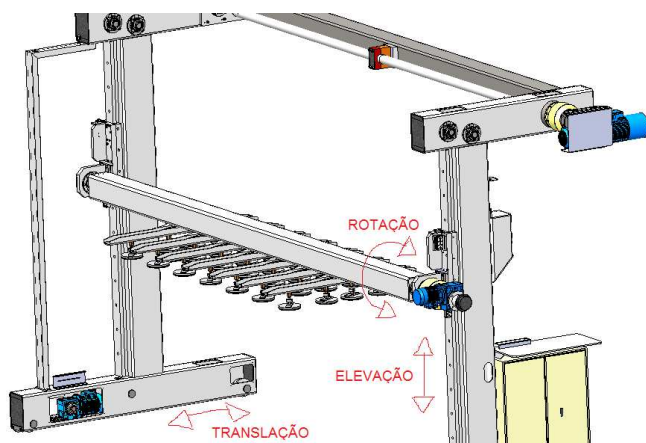


Figura 58 – Movimentos do robot.

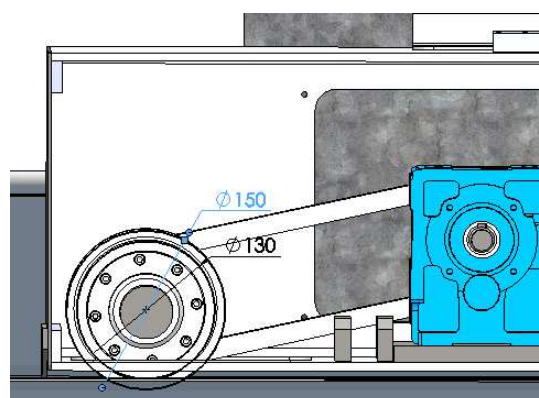


Figura 59 – Diâmetros da roda.

A carga máxima que a estrutura eleva é de 3500 kg (chapas), para qualquer tipo de material. O material é manipulado por ventosas que fazem a sucção das chapas (Figura 58). Consideram-se as seguintes velocidades: velocidade do robot em movimento de translação 0,25 m/s e velocidade do robot em movimento de rotação e elevação 0,1 m/s ou 6 m/min. Os coeficientes de atrito utilizados ao longo do projeto são ilustrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Coeficientes de atrito típicos [70].

Aço oleado sobre aço	0,01 – 0,1
Aço liso sobre aço	0,1 – 0,2

3.2 Definição das solicitações impostas

O robot tem solicitações impostas em três posições estacionárias (no entanto ao rodar tem inúmeras posições), com carga máxima de 3500 kg. As três posições de elevação estão representadas nas Figura 60, Figura 61 e Figura 62. A posição mais crítica que traz maiores esforços à estrutura é representada na Figura 61. Na Figura 61 analisa-se o robot pelo MEF.

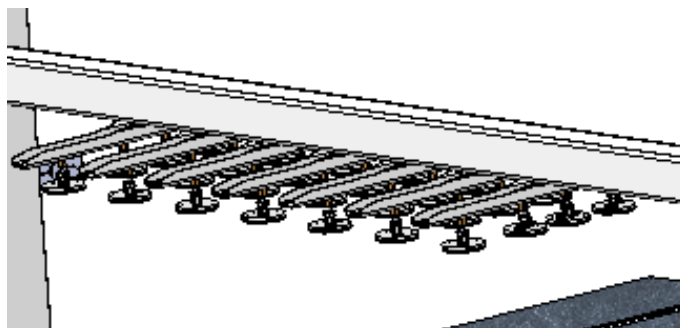


Figura 60 – Posição 1.

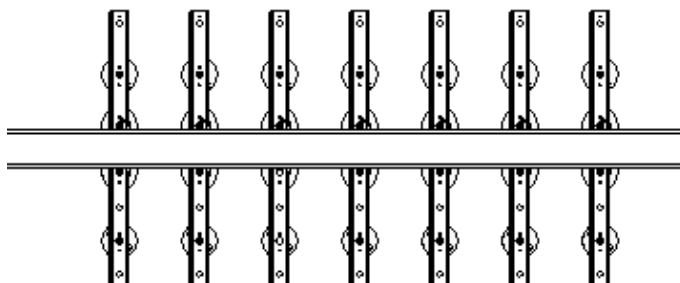


Figura 61 – Posição 2 (a mais crítica).

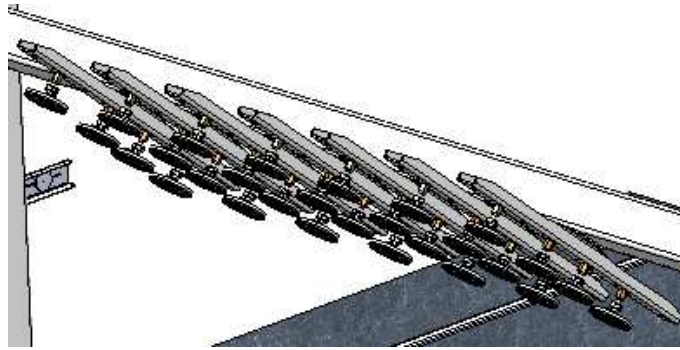


Figura 62 – Posição 3 intermédia.

Foi efetuado um estudo inicial no *software Multiframe* com o objetivo de perceber os esforços aplicados a cada elemento, e cuja informação vai ser usada posteriormente para o cálculo das ligações aparafusadas e soldadas, e respetiva comparação de resultados do *Solidworks*. No *Multiframe* introduziu-se os valores da posição 2 (Tabela 8) e ilustrados na Figura 63 com as forças envolvidas.

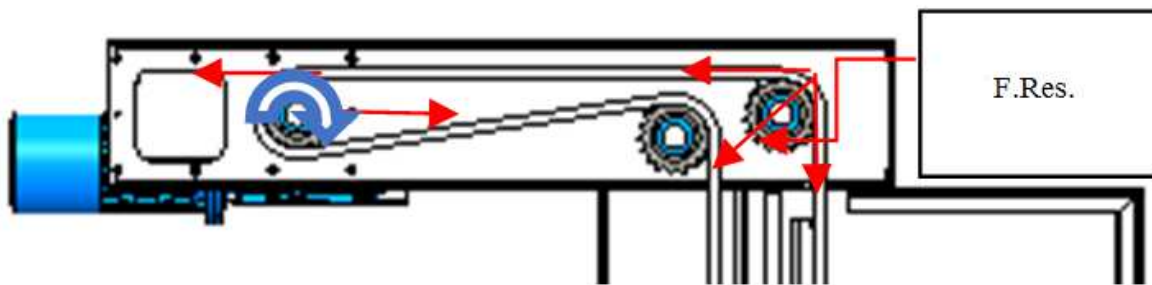


Figura 63 – Representação das forças aplicadas na corrente.

Para calcular o valor da força máxima ($F_{\text{máx}}$) representado na Figura 63, efetuaram-se os seguintes cálculos (Tabela 7):

Tabela 7 – Cálculo da força máxima.

Velocidade	$v = w \times r$ (1)	$w = 0,1 / 0,140 = 0,7 \text{ rad / s}$
Rotação do redutor	$n = w / (2\pi / 60)$ (2)	$n = 0,7 / (2 \times \pi / 60) = 7 \text{ rpm}$
Momento	$M = 9549,2 \times P_{\text{MOTOR}} / n_{\text{reductor}}$ (3)	$M = 9549,2 \times 5,5 / 7 = 7503 \text{ Nm}$
Força máxima	$F_{\text{máx.}} = M / r$ (4)	$F_{\text{máx.}} = 7503 / 0,146 = 51390 \text{ N}$
Força Resultante	$F_{\text{Res.}} = \sqrt{F_{\text{máx.}}^2 + F_{\text{máx.}}^2}$ (5)	$F_{\text{Res.}} = \sqrt{51390^2 + 51390^2} = 72676 \text{ N}$

Logo a $F_{\text{máx.}}$ nas duas correntes de cada montante ou coluna é de, $51390 / 2 = 25696 \text{ N}$ e a força resultante é de $72676 / 2 = 36339 \text{ N}$. A força dinâmica máxima das chapas é de 51390 N na posição 2. Na Figura 64 mostra-se os nós da estrutura desenhada no *Multiframe*, usados para aplicar as solicitações máximas e as fixações impostas nas rodas que vão rodar sobre os carris (condições fronteira). Os nós 1, 2 e 12 não permitem movimento em y e z, enquanto o nó 11 não permite movimento em x, y e z.

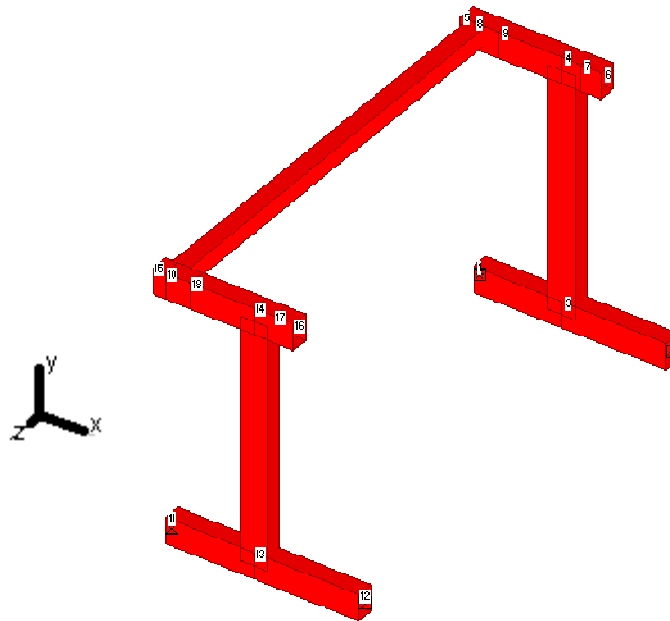


Figura 64 – Idealização da estrutura no *Multiframe*.

Na Tabela 8 mostra-se as solicitações e os nós da estrutura onde foram aplicadas as forças. Através da Figura 65 visualiza-se a numeração dos nós da estrutura e os esforços aplicados à mesma.

Tabela 8 – Forças e momentos aplicados a estrutura.

	Joint	Label	Load	Mag kN,kN-m
1	17		Px	-25,696
2	7		Px	-25,696
3	7		Py	-25,696
4	17		Py	-25,696
5	18		Px	25,696
6	9		Px	25,696
7	9		Mz	-7,503

A deformada da estrutura (Figura 66) e os diagramas dos esforços normais, dos esforços cortantes e dos momentos fletores são mostrados na Figura 67, Figura 68 e Figura 69.

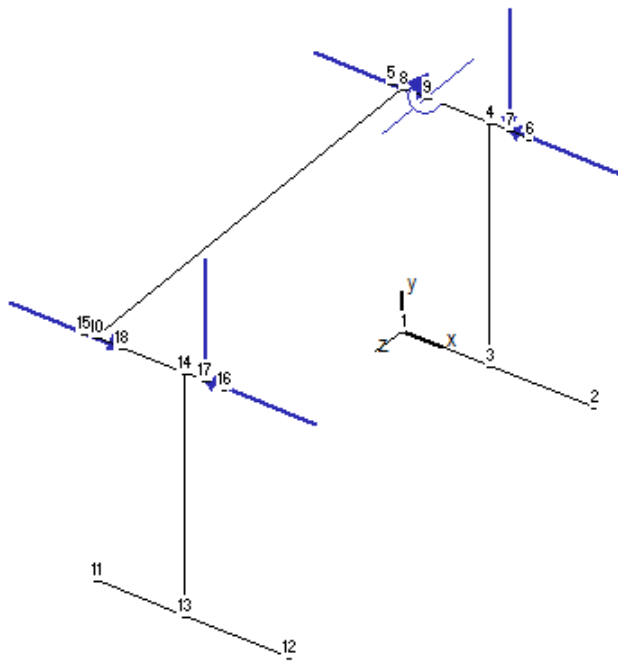


Figura 65 – Pontos de aplicação das forças e momentos.

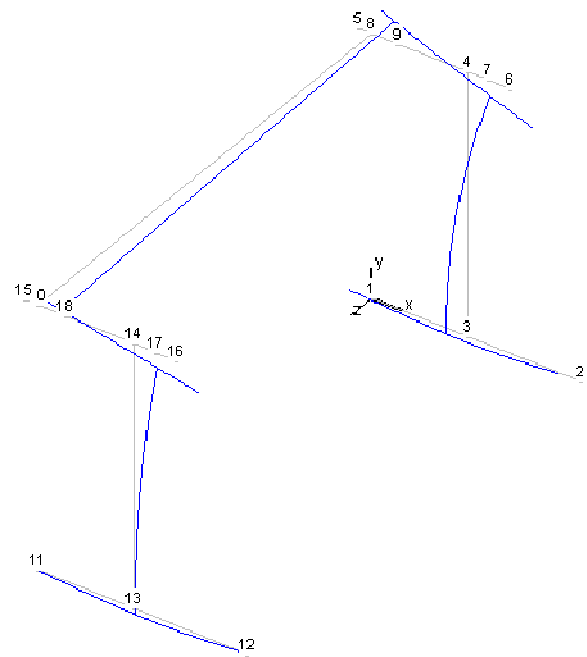


Figura 66 – Deslocamentos provocados pelas solicitações impostas.

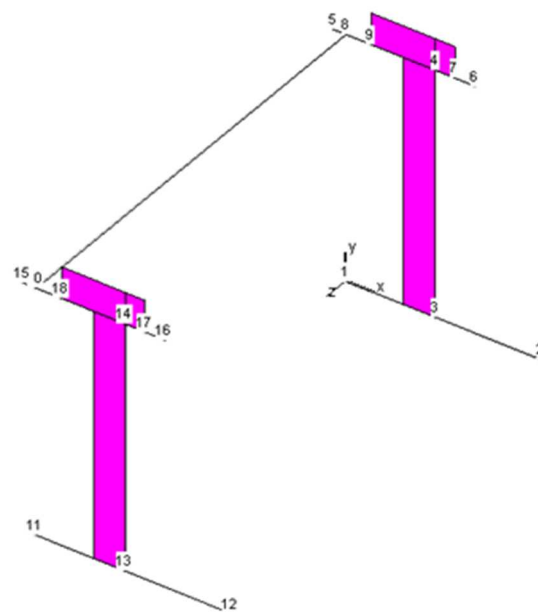


Figura 67 – Diagrama dos esforços normais.

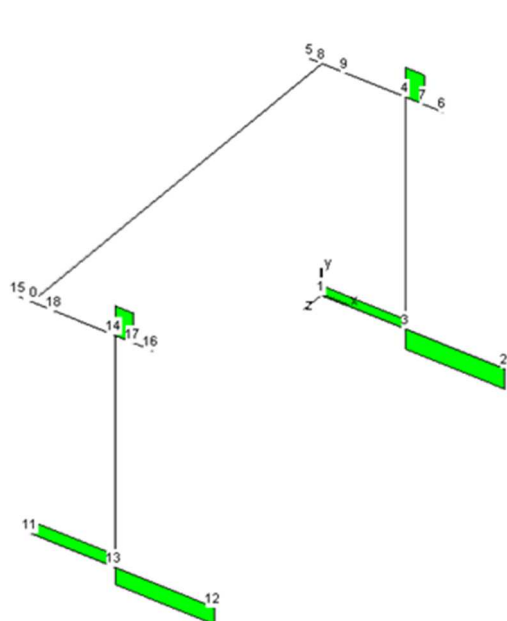


Figura 68 – Diagrama dos esforços cortantes.

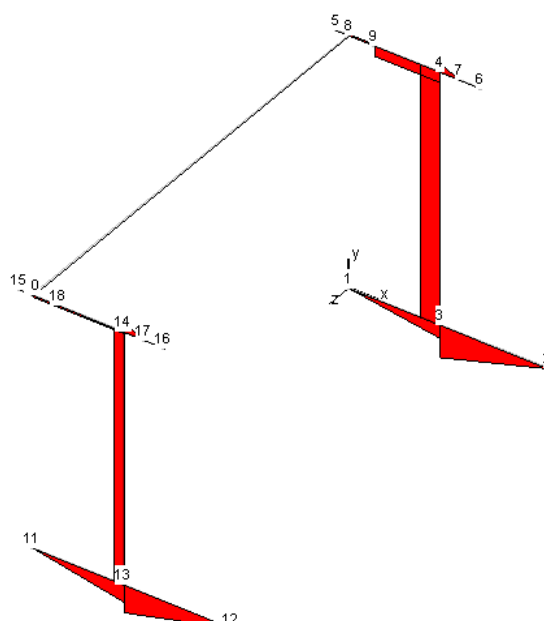


Figura 69 – Diagrama dos momentos fletores.

Tabela 9 – Tabela com os valores dos resultados dos diagramas.

	Memb	Label	Joint	Px' kN	Vy' kN	Vz' kN	Tx' kN-m	My' kN-m	Mz' kN-m
1	1		1	0,000	8,342	0,000	0,000	0,000	0,000
2	1		3	-0,000	-8,342	-0,000	-0,000	-0,000	8,384
3	2		3	0,000	-17,354	-0,000	0,000	0,000	-20,738
4	2		2	0,000	17,354	0,000	0,000	-0,000	0,000
5	3		3	25,696	0,000	0,000	-0,000	0,000	12,354
6	3		4	-25,696	-0,000	-0,000	0,000	-0,000	-12,354
7	4		5	0,000	-0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,000
8	4		8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,000
8	5		4	25,696	25,696	-0,000	0,000	-0,000	5,782
10	5		7	-25,696	-25,696	0,000	0,000	0,000	0,000
11	6		7	0,000	-0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	6		6	0,000	0,000	-0,000	0,000	0,000	0,000
13	7		8	-0,000	0,000	-0,000	0,000	0,000	0,931
14	7		9	0,000	0,000	0,000	-0,000	-0,000	-0,931
15	8		9	25,696	-0,000	-0,000	0,000	0,000	-6,572
16	8		4	-25,696	0,000	0,000	-0,000	-0,000	6,572
17	9		11	0,000	10,907	0,000	0,000	-0,000	0,000
18	9		13	-0,000	-10,907	-0,000	0,000	-0,000	10,961
19	10		13	0,000	-14,789	-0,000	0,000	0,000	-17,673
20	10		12	0,000	14,789	0,000	0,000	0,000	0,000
21	11		13	25,696	-0,000	0,000	-0,000	0,000	6,712
22	11		14	-25,696	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-6,712
23	12		15	0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000	0,000
24	12		10	0,000	-0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	13		14	25,696	25,696	-0,000	0,000	0,000	5,782
26	13		17	-25,696	-25,696	0,000	0,000	-0,000	0,000
27	14		17	0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,000	-0,000
28	14		16	0,000	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000
29	15		10	-0,000	0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,931
30	15		18	0,000	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,931
31	16		18	25,696	0,000	-0,000	0,000	0,000	-0,931
32	16		14	-25,696	-0,000	0,000	-0,000	-0,000	0,931
33	17		10	-0,000	-0,000	-0,000	-0,931	-0,000	-0,000
34	17		8	0,000	0,000	-0,000	0,931	-0,000	-0,000

Na Tabela 9 mostram-se os valores dos resultados da análise, onde se pode obter os valores máximos para os cálculos das ligações soldadas e aparafusadas, para os dimensionamentos dos motores e redutores, a utilizar posteriormente no 3.4.4.

Pela visualização do diagrama dos esforços normais, identifica-se o nó onde está o valor máximo das tensões máximas axiais (Figura 67) para o qual a tensão máxima axial é de 25,696 kN (eixo x), este valor é retirado na Tabela 9. No diagrama dos esforços cortantes ilustrado na Figura 68 pode-se retirar o valor máximo de corte à tração com o seguinte valor de 25,696 kN, nó 10 (Tabela 9). No nó 4 o valor máximo é de 17,354 kN estes valores são utilizados para o cálculo das ligações aparafusadas e ligações soldadas. Do diagrama de momentos fletores Figura 69, pode-se retirar o esforço máximo à flexão (Tabela 9) em que o seu valor é de 20,378 kN nó 3 (eixo z).

3.3 Sistema de acionamento

Neste ponto dimensiona-se os motores e as redutoras do robot, usados no acionamento da estrutura. Calcula-se os carretos, as coroas e as correntes para o sistema de acionamento e por último dá-se um exemplo de cálculo de um rolamento bem como a sua escolha conforme os anexos.

3.3.1 Seleção do tipo de acionamento

O sistema de acionamento determina a velocidade dos movimentos do robot e o seu desempenho dinâmico. Os sistemas de acionamento podem ser divididos em três tipos elétrico, pneumático e hidráulico. O sistema de acionamento elétrico adapta-se bastante bem a este robot tendo precisão na rotação e muita eficiência. Na rotação tem-se inúmeras posições. A carga também não é muito elevada logo pode-se aplicar este sistema de acionamento. O custo é relativo é reduzido e não requer uma fonte de energia cara.

O sistema de acionamento hidráulico seria composto por um motor para movimento rotativo adequado a este robot, por outro lado é preciso um cilindro para o movimento deslizante já não se adequa tanto, provocando movimento em pistões que comprimem óleo. Trabalha com cargas bastante elevadas no nosso caso nem tem assim muitas cargas elevadas, logo pode-se dispensar este sistema. Este apresenta custos elevados de manutenção, o controle é feito através de válvulas (preços elevados) que regulam a pressão do óleo nas duas partes do cilindro e que impulsionam o pistão. A precisão na movimentação é menor que no elétrico e melhor que no pneumático.

O sistema de acionamento pneumático é similar ao hidráulico. São utilizados em sistemas automáticos simples, mas pouco utilizado em robots devido à alta compressibilidade do ar comprimido, o que

reduz a habilidade de realizar controlo preciso. O driver pneumático é preferível em aplicações de baixa precisão o que não acontece neste caso para a rotação. E este sistema suporta poucas cargas, pelo que não se adequa ao presente caso. Em função de todas estas condicionantes, foi selecionado um sistema elétrico.

3.3.2 Projeto e dimensionamento do sistema de acionamento

O sistema de acionamento é efetuado por dois moto-redutores que permitem a deslocação do robot. Na elevação existe um moto redutor que permite a movimentação da chapa de cima para baixo ou de baixo para cima. Este movimento é efetuado através de dois carros que se deslocam sobre duas guias. O movimento é controlado por dois sensores mecânicos de posição. A rotação é efetuada por um moto redutor que permite os 360°, sistema de elevação é efetuado por correntes e carretos. Na translação tem-se correntes e na rotação é direta a ligação. Os moto-redutores escolhidos são de engrenagens helicoidais com os dentes dispostos transversalmente, em forma de hélice, em relação ao eixo. O sistema de acionamento para transportar o material é efetuado pela bomba de vácuo que faz a sucção do material, este sistema é constituído por 28 ventosas. Estas 28 ventosas permitem transportar o material. Na Figura 70 mostra-se o esquema de acionamentos.

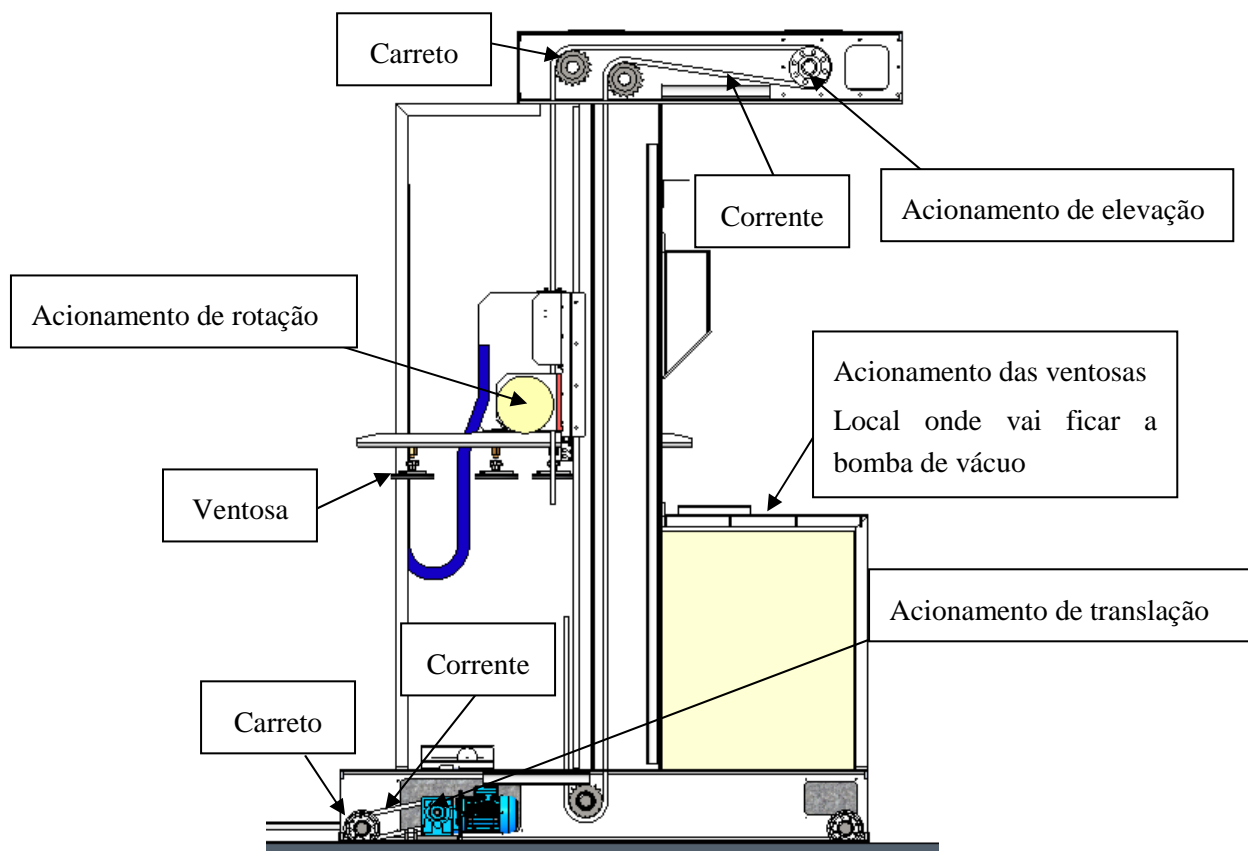


Figura 70 – Vista de corte da coluna com os carretos e as correntes.

No sistema de acionamento de translação dimensionou-se os motores, as correntes, os carretos e os discos (Figura 71). O primeiro passo foi o dimensionamento das correntes: os requisitos que entraram nos cálculos foram o peso máximo da estrutura de 3500 kg. No cálculo da $F_{\text{máx}}$, da translação utilizou-se as seguintes fórmulas (1),(2),(3),(4):

$$w = \frac{0,77}{0,052} = 14,8 \text{ rad / s ,}$$

$$n = \frac{14,8}{(2\pi / 60)} = 141,32 \text{ rpm,}$$

$$M = \frac{9549,2 \times 3}{141,32} = 202,7 \text{ Nm,}$$

$$F_{\text{máx}} = \frac{202,7}{0,052} = 3898 \text{ N.}$$

Dividindo o acionamento pelas duas colunas, a $F_{\text{máx}}$ em cada corrente é de $3898/2=1949 \text{ N}$ (Figura 71). Escolheu-se como fornecedor das correntes a Rolisa, porque dá a possibilidade de visualizar o catálogo na internet. No Anexo A pode-se verificar que existe uma corrente com $F_{\text{máx}}=9100 \text{ N}$, próximo do calculado.

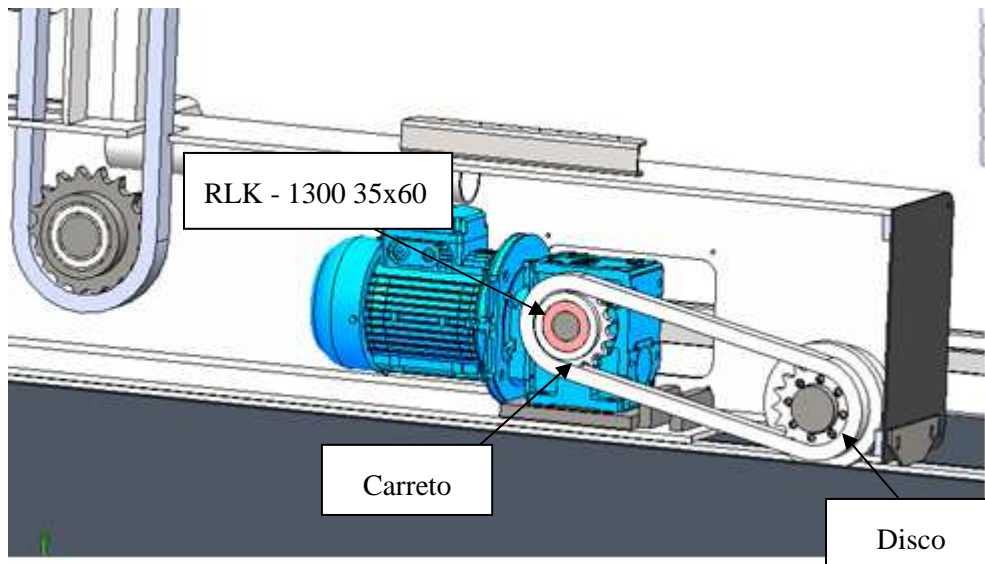


Figura 71 – Esquema de montagem para a translação.

A corrente selecionada foi: corrente de rolos simples ISO 06 B - 1 DIN 8187, como mostra Anexo A. No cálculo da corrente de elevação a $F_{m\acute{a}x}$ já tinha sido calculada pela fórmula (4), no catálogo foi-se ver o valor mais próximo $F=51390$ N no Anexo A. A corrente selecionada para a elevação é uma corrente de rolos simples ISO 16 B – 1 DIN 8187 (Anexo A). Para a obtenção dos comprimentos das correntes calcula-se os perímetros.

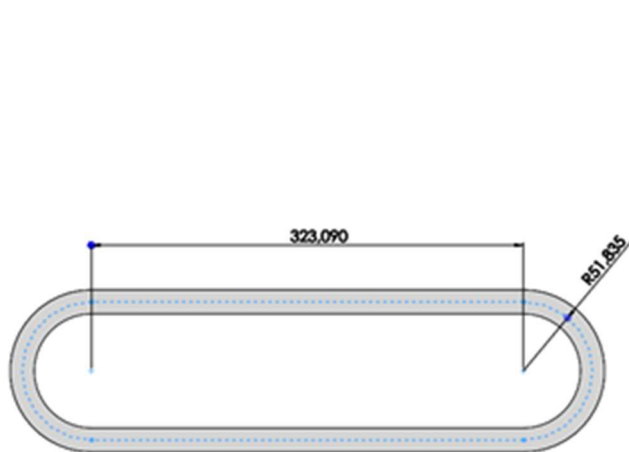


Figura 72 – Corrente da translação.

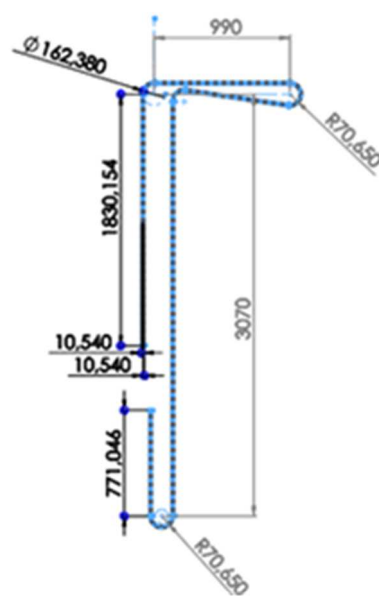


Figura 73 – Corrente de elevação.

O perímetro da corrente de rolos simples ISO 06 B - 1 DIN 8187 é de $323,090 \times 2 + (51,835 \times \pi) \times 2 = 972$ mm $\times 2$ lados = 1944 mm (Figura 72). O perímetro da corrente de rolos simples ISO 16 B – 1 DIN 8187 é de $990 \times 2 + 71 \times \pi + 163\pi + 3070 + 1830 + 771 + 71 \times \pi = 8609$ mm $\times 2$ lados = 17218 mm (Figura 73). Conforme o Anexo A verifica-se que para a elevação tem-se utilizar passo (p) (elevação) = 1" e que para a translação p (translação) = 3/8". Para se selecionar o carreto a utilizar na translação é necessário saber a relação de transmissão, que neste caso é 1:1, o diâmetro primitivo (Figura 74) e o passo calculado anteriormente na corrente de translação segundo o Anexo A. Com estes dados escolhe-se o carreto (Figura 75) conforme o Anexo B.

Na Figura 74 o diâmetro primitivo (d_p) é de 103,67 mm conforme o projeto. Segundo o Anexo B, o número de dentes (Z) será 34. O carreto selecionado conforme o catálogo é o 06 B-1 3/8" com Z=34. A quantidade de carretos necessários para a translação neste projeto é de 2. No disco e no carreto existem diferenças que são mostradas na Figura 75. O carreto tem uma espessura de carreto (A) e uma largura dente carreto (B_1) como indica a Figura 75, em relação ao disco só existe (B_1). Nos carretos da elevação fez-se o mesmo procedimento dos carretos da translação. Com o catálogo da Rolisa, escolheu-se o carreto de acordo com os dados tabelados, sendo que neste caso foi: CARRETO 16 B1 1" Z = 18 para a elevação, com a quantidade de 8 carretos para o projeto segundo o Anexo B.

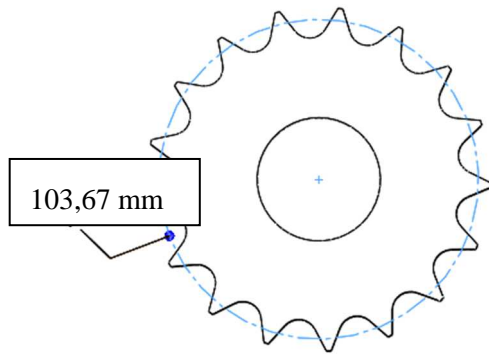


Figura 74 – Carreto com diâmetro primitivo 103,67 mm.

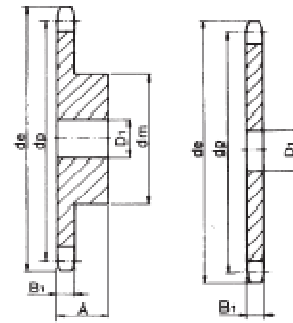


Figura 75 – carreto/disco ou coroa.

O casquilho de montagem auto centrante permite fixar os carretos e os discos, estes servem para substituir os freios e os anéis de fixação. Para se efetuar a escolha do casquilho de montagem auto centrante precisa-se de saber o diâmetro exterior, o diâmetro interior do veio e a espessura da caixa do carreto. Sabendo estas variáveis utiliza-se um catálogo de transmissões, neste caso utilizou-se o catálogo da Rolisa Anexo C RLK – 13000 35×60 (Figura 71). Para se selecionar os outros casquilhos do projeto procedeu-se da mesma forma.

O rolamento é um dispositivo que permite o movimento relativo controlado entre duas ou mais partes. Serve para substituir a fricção de deslizamento entre as superfícies do eixo e da chumaceira. Os rolamentos de esferas dimensionam-se recorrendo às tabelas técnicas da NSK. O peso máximo da estrutura é de 3500 kg, no entanto precisa-se de um diâmetro exterior (D) de 80 mm e um diâmetro interior (d) de 50 mm que satisfaça a condição inicial força radial (F_r) igual $F_{m\acute{a}x}$ de 3500 kg, com uma velocidade de rotação (n) de 52 rpm e uma vida nominal (L_h) em que $L_h \geq 10000h$. O coeficiente de vida (f_h) de rolamentos de esferas que possibilita é $L_h \geq 10000h$ e $f_h \geq 2,72$. A velocidade $n=52$ rpm é calculada da seguinte forma:

$$v = \frac{n \times 2\pi}{60} \quad (6)$$

$$v = \frac{52 \times 2\pi}{60} = 5,44 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2},$$

e utilizando a equação (1)

$$v = 5,44 \times 0,025 = 0,136 \text{ m/s} = 0,1 \text{ m/s},$$

confirmando um dos requisitos iniciais definidos inicialmente para a rotação. Considerando a velocidade $n = 52 \text{ rpm}$, o coeficiente de velocidade (f_n) pode ser obtido pela equação do Anexo D. O cálculo do coeficiente de velocidade é efetuado pela seguinte equação:

$$f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times n} \right)^{\frac{1}{3}} = (0,03 \times n)^{-\frac{1}{3}}, \quad (7)$$

em que o valor da equação (7) é de

$$f_n = (0,03 \times 52)^{-\frac{1}{3}} = 0,86.$$

Pode-se obter o valor de índice de carga que é calculado pela seguinte equação (8):

$$f_h = f_n \times \frac{C_r}{p}, \quad (8)$$

em que o índice de carga radial é:

$$C_r = \frac{f_h \times p}{f_n} = \frac{2,72 \times 3500}{0,86} = 11070 \text{ N}.$$

Precisa-se de um rolamento com espessura de 16 mm, consultando as tabelas, seleciona-se com este índice de carga radial máximo. Na Figura 76 escolhe-se o seguinte rolamento [77]. O rolamento escolhido foi com a seguinte referência NSK 6010 ZZ. As rodas estão sobredimensionadas porque têm dois rolamentos em cada roda. Dando uma segurança confortável para a rotação destes rolamentos e garantindo maior durabilidade.

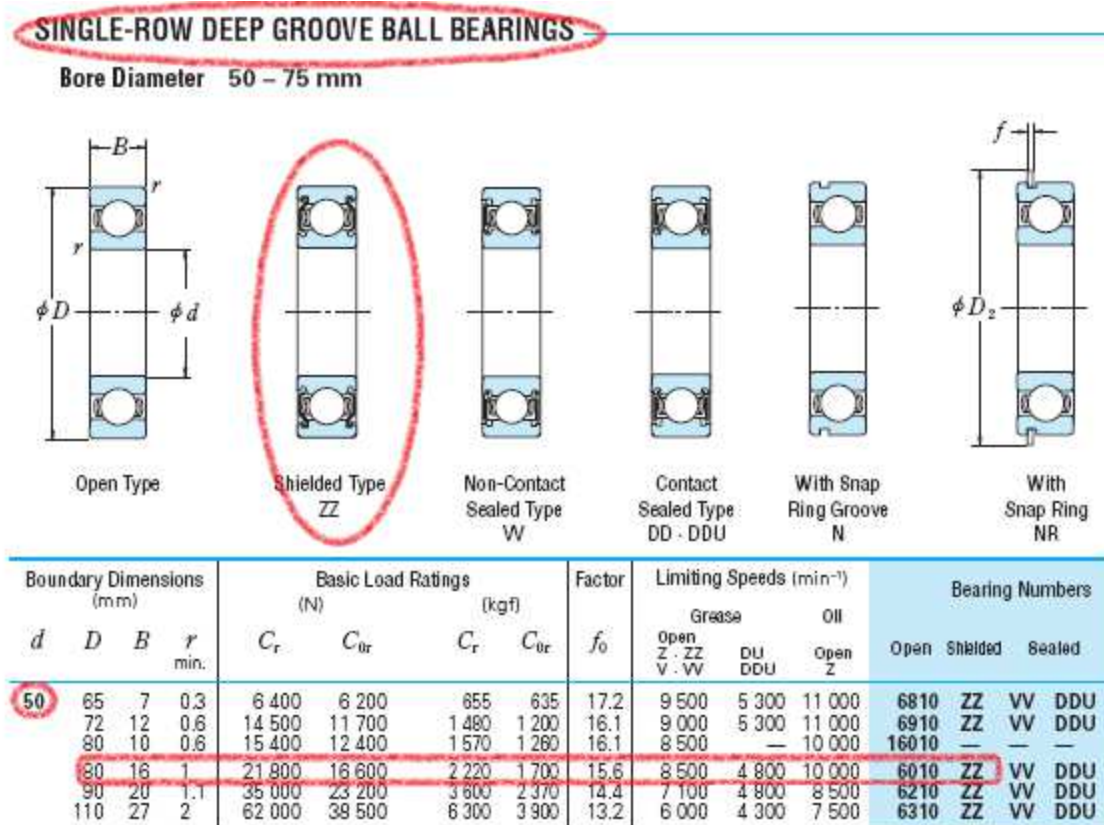


Figura 76 – Seleção do rolamento de esferas para as rodas.

Para efetuar a escolha dos outros rolamentos do robot tem de se proceder com o mesmo raciocínio anterior. Utiliza-se as equações (7) e (8) e seleciona-se o diâmetro exterior, o diâmetro interior e a espessura adequada ao exemplo em questão. Depois de ter-se estas variáveis deve-se verificar se o índice de carga radial máxima é inferior ao estipulado.

Aqui seguiu-se o procedimento da SEW [78], no cálculo de acionamento do sistema de translação, considerou-se um moto-reductor com conversor de frequência. O robot sem carga pesa 3500kg deverá transportar uma carga máxima de 3500 kg com um percurso de (S_T) de 10 m e um tempo de percurso (t_T) de 15 s. Calculou-se a aceleração (a) sabendo que o robot parte do repouso e atinge uma velocidade (v) de 0,25 m/s em 0,5 segundos (s), logo $a=0,25/0,5=0,5 \text{ m/s}^2$.

Os dados a ter em conta neste primeiro cálculo estão apresentados na Tabela 10:

Tabela 10 – Dados Iniciais do dimensionamento do moto redutor.

Diâmetro da roda	D=150 mm
Diâmetro do mancal	d=35 mm
Superfícies de contato	aço/aço
Coeficiente de atrito lateral (flange da roda)	Para mancal $c = 0,003$
Coeficiente de atrito do mancal	Para mancal $\mu_L = 0,005$
Transmissão intermediária	Transmissão intermediária por corrente, $i_v = 27/17 = 1,588$
Diâmetro da roda dentada para a corrente (acionada)	$d_0 = 104$ mm
Rendimento da carga	$\eta_L = 0,90$
Rendimento do redutor	$\eta_G = 0,95$
Fator de duração do ciclo	60%
Fator de acréscimo para a força radial	$f_z = 1,25$
Faixa de variação	1:10
Número de partidas	50 Ciclos/hora

Para a otimização do diagrama de velocidade/tempo utilizou-se as fórmulas da otimização da aceleração mínima e otimização da velocidade em que a aceleração está especificada.

$$a = \frac{4 \times s}{t^2} \quad (9)$$

$$v = \frac{2 \times s}{t} \quad (10)$$

$$t_A = \frac{t}{2} \quad (11)$$

$$S_A = \frac{s}{2} \quad (12)$$

$$v = \frac{a \times t - \sqrt{(a \times t)^2 - 4 \times a \times s}}{2} \quad (13)$$

Com as equações (9), (10), (11), (12) e (13) verificam-se os seguintes gráficos Figura 66.

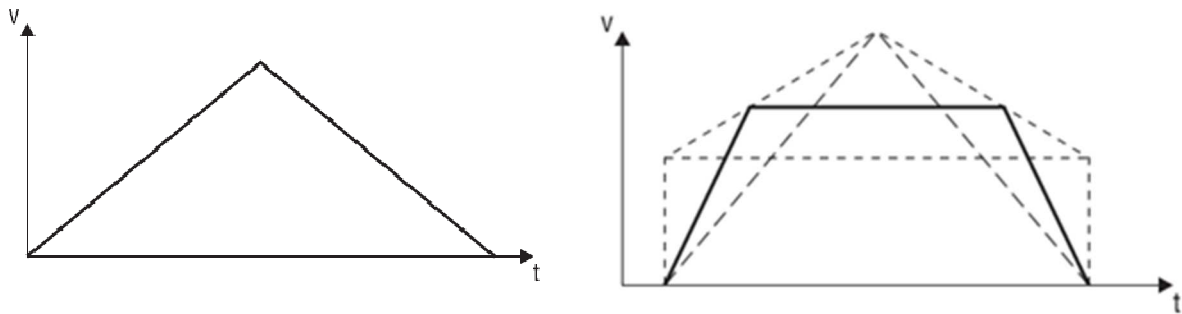


Figura 66 – Otimização para aceleração.

Embora o tempo de posicionamento seja desprezado, o resultado é bastante preciso conforme os cálculos apresentados a seguir. Através da equação (13) pode-se calcular a velocidade

$$v = \frac{0,5 \times 14,5 - \sqrt{(0,5 \times 14,5)^2 - 4 \times 0,5 \times 10}}{2} = 0,77 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Tempo de aceleração	$t_A = \frac{v}{a} \quad (14)$	$t_A = \frac{0,77}{0,5} = 1,54 \text{ s}$
Percurso na aceleração	$S_A = \frac{1}{2} \times v \times t_A \quad (15)$	$S_A = \frac{1}{2} \times 0,77 \times 1,54 = 0,593 \text{ s}$
Tempo de Comutação	$t_U = \frac{\Delta v}{a} \quad (16)$	$t_U = \frac{(0,77 - 0,077)}{0,5} = 1,39 \text{ s}$

Percurso na comutação	$s_u = t_u \times \left(\frac{\Delta v}{2} + v_l \right) \quad (17)$	$s_u = 1,39 \times \left(\frac{(0,77 - 0,077)}{2} + 0,077 \right) = 0,588 \text{ m}$
Percurso no posicionamento	$s_p = v \times t \quad (18)$	$s_p = 0,077 \times 0,5 = 0,0385 \text{ m}$
Percurso da translação	$s_F = s_T - s_A - s_U - s_l \quad (19)$	$s_F = s_T - s_A - s_U - s_l = 8,78 \text{ m}$
Tempo da Translação	$t_F = \frac{s}{v} \quad (20)$	$t_F = \frac{8,78}{0,77} = 11,4 \text{ s}$
Tempo Total	$t_T = t_A - t_F - t_U - t_l \quad (21)$	$t_T = t_A - t_F - t_U = 14,33 \text{ s}$

Com o valor da equação (21) verifica-se o tempo total do percurso de 15 s estipulado anteriormente. Para o cálculo da potência utilizou-se as seguintes fórmulas:

Resistência a translação	$F_F = m \times g \times \left(\frac{2}{D} \times (\mu_L \times \frac{d}{2} + f) + c \right) \quad (22)$	
	$F_F = 7000 \times 9,81 \times \left(\frac{2}{150} \times (0,005 \times \frac{35}{2} + 0,5) + 0,003 \right) = 744 \text{ N}$	
Potência estática	$P_s = \frac{F_F \times v}{1000 \times \eta} \quad (23)$	$P_s = \frac{744 \times 0,77}{1000 \times 0,85} = 0,67 \text{ kW}$
Momento de carga	$M_L = \frac{F_F \times v \times 9,55}{n_N} \quad (24)$	$M_L = \frac{744 \times 0,77 \times 9,55}{1700} = 3,22 \text{ Nm}$

Para calcular a potencia dinâmica sem momento de inércia de massa do motor, efetuou-se os seguintes cálculos:

$P_{DL} = \frac{m \times a \times v}{1000 \times \eta} \quad (25)$	$P_{DL} = \frac{7000 \times 0,5 \times 0,77}{1000 \times 0,85} = 3,17 \text{ kW}$
--------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------

Para calcular a potência total sem potência de aceleração da massa do motor:

$P_T = P_S + P_{DL} \quad (26)$	$P_T = 0,67 + 3,17 = 3,84 \text{ kW}$
---------------------------------	---------------------------------------

Uma vez que, para aceleração pelo conversor de frequência, pode ser disponibilizada 150% da corrente nominal, escolheu-se um motor de 3 kW,

$$\frac{3,84}{1,5} = 2,56 = 3 \text{ kW}$$

Motor escolhido no Anexo E [78]:

DRS – DRS100M4

$P_N = 3 \text{ kW}$

$n_N = 1400 \text{ rpm}$

$J_M = 56 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$ (incl. freio)

No dimensionamento do redutor de translação é necessário saber a rotação da saída e a redução do redutor, de seguida calcula-se:

Rotação da saída	$n_a = 19,1 \times 10^3 \times \frac{v}{D} \times i_v \quad (27)$	$n_a = 19,1 \times 10^3 \times \frac{0,25}{150} \times \frac{27}{17} = 50,6 \text{ rpm}$
Redução do redutor	$i = \frac{n_M}{n_a} \quad (28)$	$i = \frac{1400}{50,6} = 28,7 \text{ rpm}$

Para um redutor de serviço de 8 horas/dia e 150 ciclos/hora, tem-se 300 operações de partida e de frenagem por hora. Deste modo é calculado o fator de serviço f_B catalogado:

$\frac{J_x}{J_M + J_Z} \quad (29)$	$\frac{0,0063}{(0,000527 + 0,002)} = 2,49 \Rightarrow \text{Classificação de carga 3}$
$f_B = 0,16$	

O momento de saída de referência para o cálculo do redutor, por princípio, é a potência nominal do motor.

$M_a = \frac{P_N \times 9550}{n_a} \quad (30)$	$M_a = \frac{3 \times 9550}{50,6} = 526,2 \text{ Nm}$
------------------------------------------------	-------------------------------------------------------

O redutor escolhido foi da Serie W com $n_a = 52 \text{ rpm}$ e $M_{a \text{ máx}} = 90 \text{ Nm}$, como mostra o Anexo F. O momento de saída M_a foi calculado da seguinte forma:

Momento de saída	(30)	$M_a = 3 \times 9550 / 52 = 551 \text{ Nm}$
Fator de serviço	(29)	$f_B = 90 / 551 = 0,163$
Força radial	$F_G = (M_a \times 2000 / (d_0 / i_v) \times f_z) \quad (31)$	$F_G = (551 \times 2000 / (104 / 1,59) \times 1,25) = 21060 \text{ N}$

O número de dentes < 20 , portanto $f_z = 1,25$. Logo os carretos podem ser escolhidos com o número de dentes menor que 20, com um passo igual à corrente. Para se calcular o motor para a elevação, tem de se efetuar os cálculos segundo os seguintes parâmetros:

Massa do elevador	$m_0 = 400 \text{ kg}$
Massa da carga	$m_L = 3500 \text{ kg}$
Velocidade de elevação	$v = 0,1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Diâmetro da engrenagem para a corrente	$D = 0,140 \text{ mm}$
Frequência de inflexão	$f_1 = 60 \text{ Hz}$
Frequência máxima	$f_{\text{máx.}} = 84 \text{ Hz}$
Rendimento da carga	$\eta_L = 0,90$

Rendimento do redutor	$\eta_G = 0,95$
Aceleração/pré-controlo	$a = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Faixa de variação	1:10
Rendimento da carga	$\eta_L = 0,90$
	$\eta_G = 0,92$
Rendimento total	$\eta = \eta_L \times \eta_G = 0,85$
Fator de duração do ciclo	50%
Redutor	Redutor de engrenagens cônicas, sem transmissão intermediária.

O acionamento é direto e deverá ser aplicado um motor com pólos comutáveis usualmente usado para cargas de elevação com uma paragem precisa, para um posicionamento rápido. Utiliza-se uma relação para a rotação de 1:4. A potência de motor escolhida deverá ser superior à potencia estática (quase estacionária),

$$P_s = \frac{m \times g \times v}{1000 \times \eta} \quad (32)$$

$$P_s = \frac{3900 \times 9,81 \times 0,1}{1000 \times 0,83} = 4,6 \text{ kW}$$

Admitindo que a potência dinâmica em sistemas de elevação sem contrapeso seja relativamente baixa (<20% de potencia estática), o motor poderá ser escolhido pela determinação de P_s .

$$P_s = 4,6 \text{ kW}.$$

O motor é escolhido segundo o Anexo G com a seguinte referência DRS – DRS132S4,

$$P_N = 5,5 \text{ kW}.$$

Para a verificação do motor precisa-se de calcular o seguinte:

Momento de inércia da massa externa	$J_x = 9,12 \times m(v/n_M)^2$ (33)	$J_x = 9,12 \times 3900 \times (0,1/2000)^2 = 8,89 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$
Momento de carga	$M_L = m \times g \times v \times 9,55/n_M$ (34)	$M_L = 3900 \times 9,81 \times 0,1 \times 9,55/2000 = 18,27 \text{ Nm}$
Momento de aceleração	$M_H = (J_M + J_x/\eta)/9,55 \times t_A + M_L/\eta$ (35)	Com uma aceleração suposta de $0,3 \text{ m/s}^2$ o tempo de partida é $t_A = 1 \text{ s}$
Momento de aceleração	$M_H = (190 \times 10^{-4} + 8,89 \times 10^{-4} / 0,83) \times 2000 / 9,55 \times 1 + 18,27 / 0,83 = 26,21 \text{ Nm}$	
Torque nominal	$M_N = P_N \times 9550 / n_M$ (36)	$M_N = 5,5 \times 9550 / 2000 = 43,93 \text{ Nm}$
M_H / M_N	M_H / M_N (37)	$26,21 / 43,93 = 60\% < 130\%$
Potência Nominal	$P = M_H \times n_M / 9550$ (38)	$P = 26,21 \times 2000 / 9550 = 5,5 \text{ kW}$

Pode-se verificar que o motor selecionado é o que se pretende e por consequência a sua potência nominal é igual 5,5 kW. Os cálculos a efetuar para saber qual o redutor a utilizar na elevação são:

Binário da saída	$M_a = \text{Carga total} \times r_{\text{tambor}}$ (39)	$M_a = 3900 \times 0,073 = 284,7 \text{ daNm}$ $M_a = 284,7 \times 10 = 2847 \text{ Nm}$
Potencia Saída	$P_a = (n_a \times M_a) / 9550$ (40)	$P_a = (13,08 \times 2847) / 9550 = 3,89 \text{ kW}$
Rotação na saída	$n_a = v[\text{m} / \text{min.}] / \pi \times \text{diâmetro tambor}$ (41)	$n_a = (6) / (3,14 \times 0,146) = 13,08 \text{ rpm}$

O redutor que se precisa para a elevação é selecionado através do Anexo H da serie K tendo como referência KF 107 DRS 100LC4.

Ao dimensionar-se a elevação, passou-se para a rotação da viga central (com ventosas) seguindo-se o procedimento da SEW [78]. Para escolher o motor de rotação, considera-se um variador de frequência para girar as ventosas a 360°. O tempo de cada volta concluída é de 15 s. A aceleração máxima não deve exceder 1 m/s².

Medidas da chapa máx 3500x3500	4950 mm
Massa da estrutura de elevação	3500 kg
Massa da peça a executar.	1000 kg $i_s = 0$ mm (distância do centro de gravidade em relação ao eixo de rotação).
Redução por engrenagem	$i_v = 4,4$
Diâmetro de apoio aço/aço	110
Fator de atrito rolante μ_L	0,01
Posicionamento com velocidade rápida/lenta	10:1

Para calcular o motor precisa-se de calcular o momento de inércia:

Estrutura das ventosas	$J_T = 1/2 \times m \times r^2$ (42)	$J_T = 1/2 \times 3500 \times 4,95^2 = 42879,4 \text{ kgm}^2$
Peça a executar	$J_w = 4 \times J_s + I_s^2$ (43)	$J_w = 4 \times 1000 \times 0 = 0 \text{ kgm}^2$

Uma vez que as peças a executar estão distribuídas simetricamente em torno de um ponto de rotação, pode se calcular de forma simplificada o J_w . O momento de inércia da massa de engrenagem da transmissão é desprezado. Com isso o momento de inércia da massa total é

$$J_X = J_T + J_w \quad (44)$$

$$J_X = J_T + J_w = 42879,4 \text{ kgm}^2$$

Para a rotação e o tempo de partida, especificou-se uma aceleração de $0,5 \text{ m/s}^2$. De seguida, calcula-se:

Velocidade	$v = a \times t - \sqrt{(a \times t)^2 - 4 \times a \times s} / 2$ (45)	$v = 0,5 \times 15 - \sqrt{(1 \times 15)^2 - 4 \times 1 \times 1,57} / 2 = 0,1 \text{ m/s}$
Percurso	$s = U_T / 4$ (46)	$s = 6,238 / 4 = 1,57 \text{ m}$
Rotação	$n = v \times 60 / U_T$ (47)	$n = (0,1 \times 60) / (6,238) = 0,96 = 1 \text{ rpm}$
Tempo de partida	$t_A = v / a$ (48)	$t_A = 0,1 / 1 = 0,1 \text{ s}$

Como o momento de inércia total da rotação normalmente é superior ao momento de inércia do motor, a potência de partida já pode ser calculada com precisão. A potência é calculada do seguinte modo:

Potência Dinâmica	$P_{DL} = J_X \times n_T^2 / 91200 \times t_A \times \eta$ (49)	$P_{DL} = \frac{(42879,4 \times 1^2)}{(91200 \times 0,1 \times 0,9)} = 5,22 \text{ kW}$
Potência Estática		$P_S = \sum m \times g \times \mu_L \times d \times n_T / 2 \times 1000 \times \eta$ (50)
$P_S = (4500 \times 9,81 \times 0,01 \times 110 \times 1) / (2 \times 1000 \times 9550 \times 0,9) = 0,00282 \text{ kW}$		
Potência total	$P_T = P_{DL} + P_S$ (51)	$P_T = 5,22 + 0,00282 = 5,22 \text{ kW}$

Com estes resultados obtidos escolheu-se o motor do Anexo H com a referência DRS13S4. Para verificar a aceleração segura para o motor precisa se de calcular o seguinte:

Momento de inércia de massa	$J_X = J_X \times (n / n_M)^2$ (52)	$J_X = 42879,4 \times (1 / 1445)^2 = 0,0205 \text{ kgm}^2$
Momento estático	$M_S = P_S \times 9550 \times \eta / n_M$ (53)	$M_S = 0,00282 \times 9550 \times 0,9 / 1445 = 0,017 \text{ Nm}$

Momento de aceleração	$M_H = \frac{J_M + \frac{J_X}{\eta} \times n_M}{9,55 \times t_A} + \frac{M_S}{\eta} \quad (54)$	
	$M_H = M_H = \frac{0,019 + \frac{0,0205}{0,9} \times 1445}{9,55 \times 0,1} + \frac{0,017}{0,9} = 63,23 \text{ Nm}$	
Momento nominal	$M_N = P_N \times 9550 / n_M \quad (55)$	$M_N = 5,5 \times 9550 / 1445 = 36,35 \text{ Nm}$

Com estes cálculos pode-se garantir uma aceleração segura. Para se dimensionar o redutor precisa-se de calcular:

Redução	$i = \frac{n_M}{n_a \times i_v} \quad (56)$	$i = \frac{1445}{1 \times 4,4} = 328,4$
Relação de inércia	$\frac{J_X}{J_M} \quad (57)$	$\frac{0,0205}{0,019} = 1,07$
Momento de saída	$M_a = \frac{P_N \times 9550}{n_a} \times f_B \quad (58)$	$M_a = M_a = \frac{5,5 \times 9550}{1 \times 4,4} \times 1,6 = 19100 \text{ Nm}$

O momento de saída a considerar com um tempo de serviço 16h/dia e um fator de serviço de $f_B = 1,6$, logo o redutor é da serie K DRS do Anexo J, com uma

$$P_M = 11 \text{ kW}$$

$$M_a = 18400 \text{ Nm}$$

$$i = 278$$

3.4 Projeto mecânico do equipamento

Este capítulo divide-se em projeto e anteprojeto. O projeto refere-se às alterações efetuadas no anteprojeto conforme os resultados do MEF. O MEF ajuda a analisar a estrutura em termos mecânicos, podendo ajudar o projetista a introduzir otimizações em função dos resultados obtidos. De seguida vai-

se mostrar os vários testes realizados no robot. No projeto mecânico do equipamento define-se o que se pretende para a máquina. Através dos desenhos 3D e dos desenhos em pormenor fica-se a conhecer a nossa estrutura mecânica. Quando estiver tudo planeado, projetado, fabricado e comprado é executar o robot, o projeto é uma ferramenta importante para diminuir os custos e antecipar os problemas (não conformidades) e desta forma aumenta a produtividade de fabrico. O projeto mecânico é universal e faz com que se chegue quase à perfeição, os *softwares* de desenho neste caso o *Solidworks* facilita-nos o trabalho de construção deste tipo de equipamento. Neste capítulo mostra-se o anteprojecto do robot e descreve-se a máquina. O anteprojecto é o que se passa antes do projeto. Passa-se a projeto quando se efetuar as alterações necessárias ao anteprojecto. Efetua-se as alterações conforme os resultados apresentados no *software Solidworks*.

3.4.1 Anteprojecto

A estrutura foi pensada para rolar sobre carris como mostra a Figura 77.

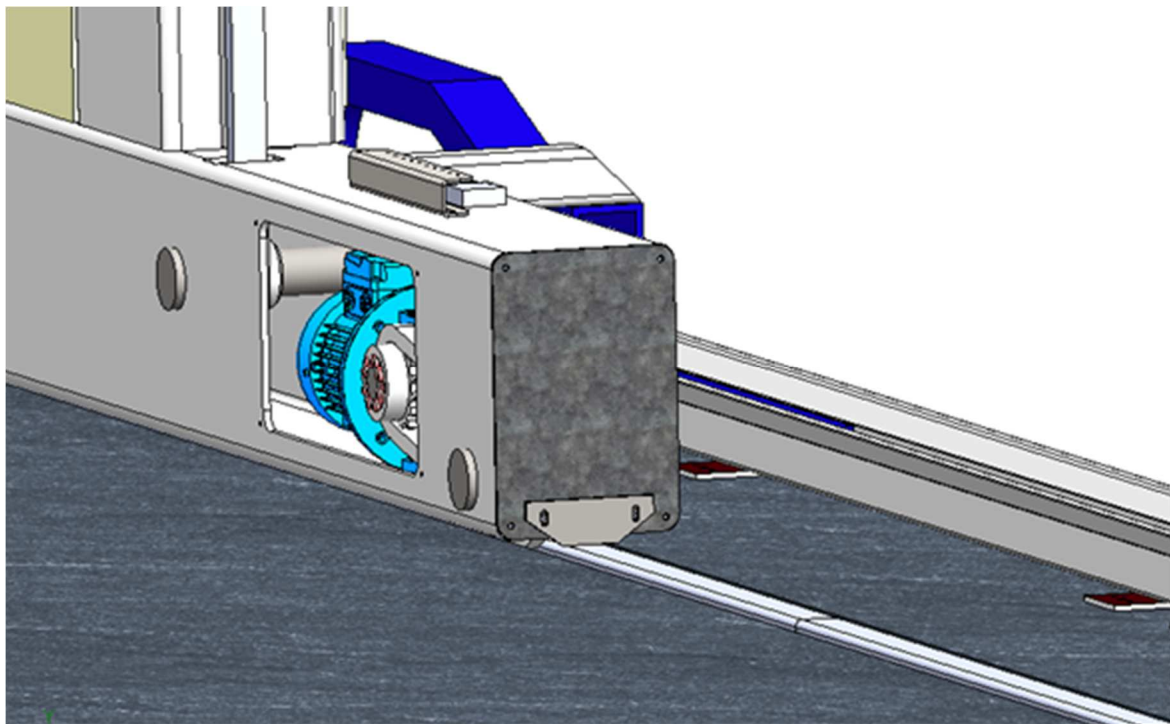


Figura 77 – Estrutura com o guiamento.

A estrutura desloca-se sobre quatro rodas num movimento de translação. Na Figura 78 é mostrada a esteira que move-se junto com o robot. A esteira tem um suporte de guiamento servindo para alojar os cabos elétricos. A estrutura é acionada por motores elétricos, permitindo fazer este movimento.

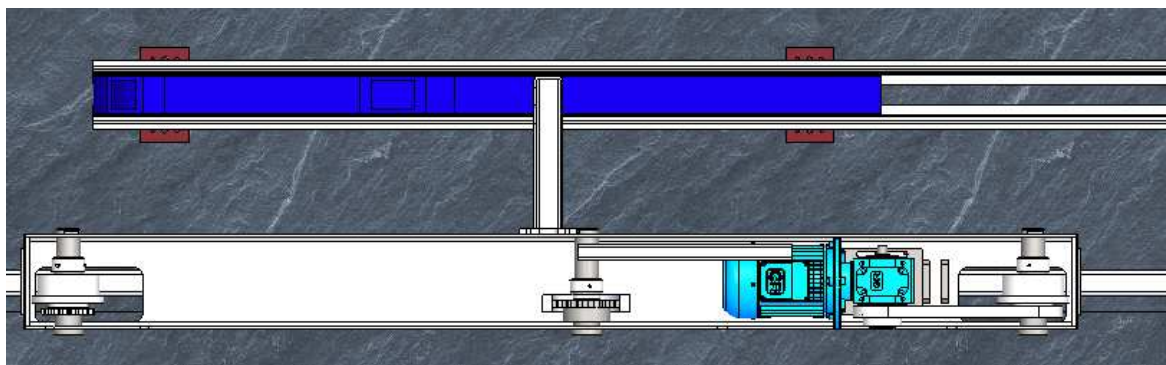


Figura 78 – Vista de corte do robot, mostrando a esteira e parte do robot.

O robot executa mais dois movimentos de rotação e a elevação. Para a rotação existe outro moto-redutor (Figura 79). A rotação permite rodar o material 360°. Na Figura 79 pode-se ver as ventosas que executam a pega do material. No movimento de elevação existe um sistema de deslizamento vertical ascendente ou descendente (Figura 80). Na Figura 80 é mostrado o moto-redutor que permite o acionamento de elevação do material, no canto superior direito.

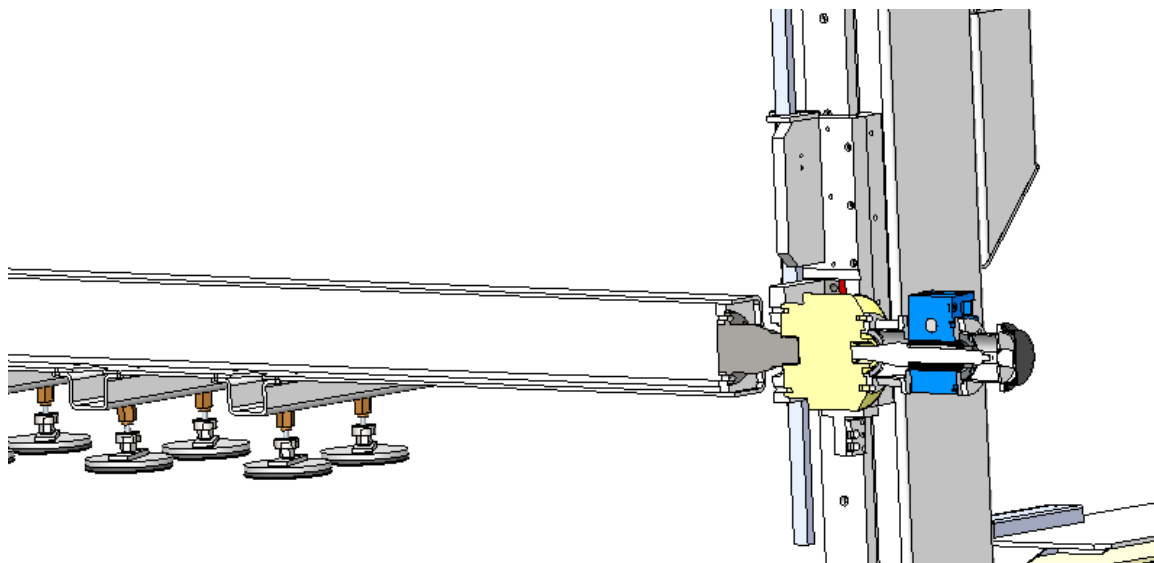


Figura 79 – Vista de corte do moto-redutor da rotação.

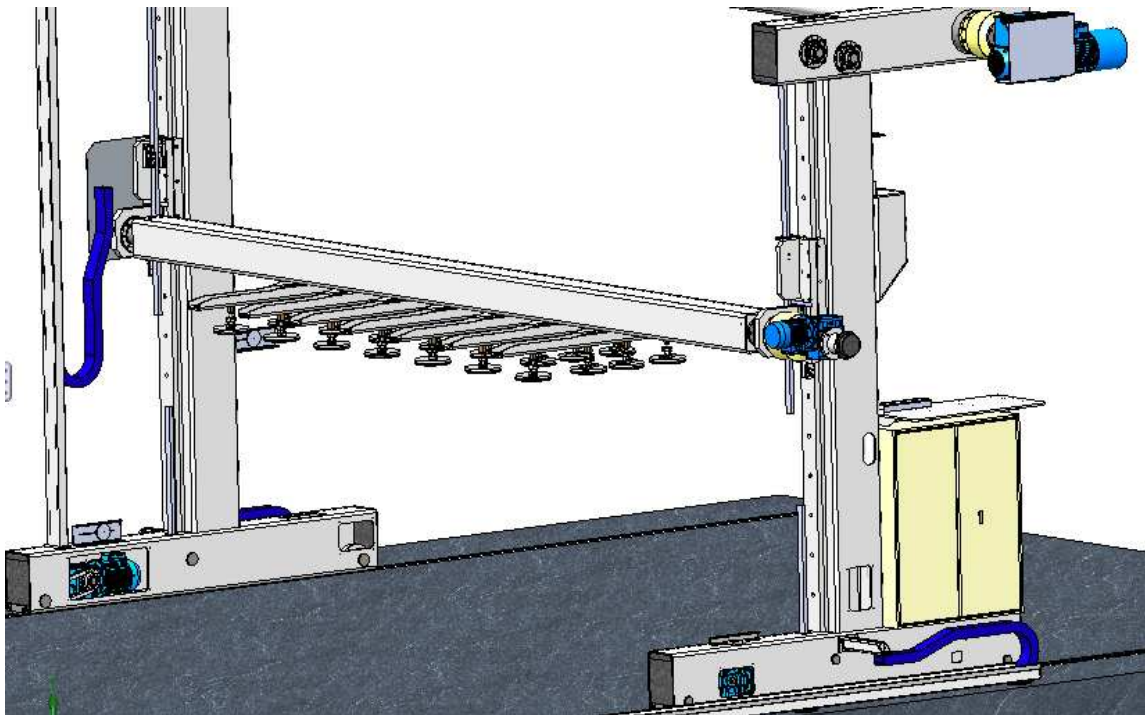


Figura 80 – Robot com os carros que permitem a elevação e a esteira.

Na Figura 82 pode-se visualizar a corrente que permite o deslocamento da elevação. Esta corrente é acionada pelo moto-reductor de elevação. A zona de fixação da corrente e de afinação é feita ao pé do carro (Figura 83). A transmissão do movimento de elevação é feito através de um veio (pinhão + tubo), permitindo a elevação dos 2 carros existentes no robot, e feito através das correntes (Figura 81).

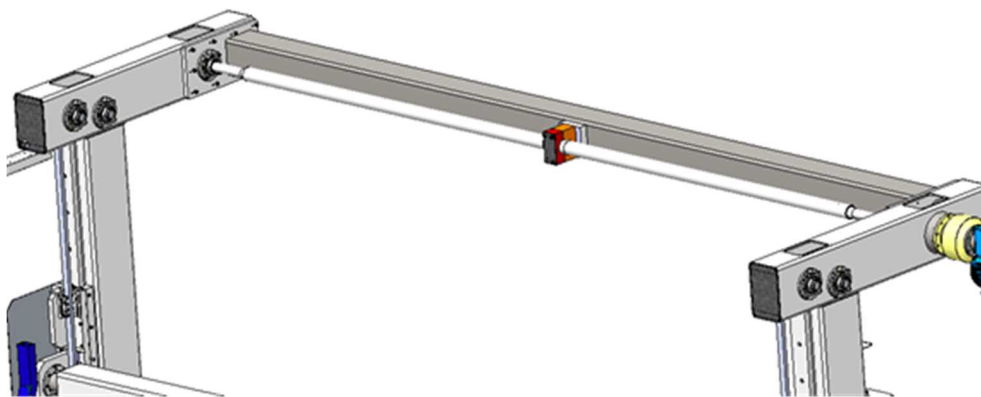


Figura 81 – Transmissão do movimento de elevação.

Na Figura 83 mostra a transmissão do movimento de elevação entre colunas, pode-se ver ainda um suporte de apoio do veio, este suporte serve para diminuir a flexão. O tubo quadrangular, permite a passagem de cabos elétricos e serve para estabilizar a estrutura dos dois lados.

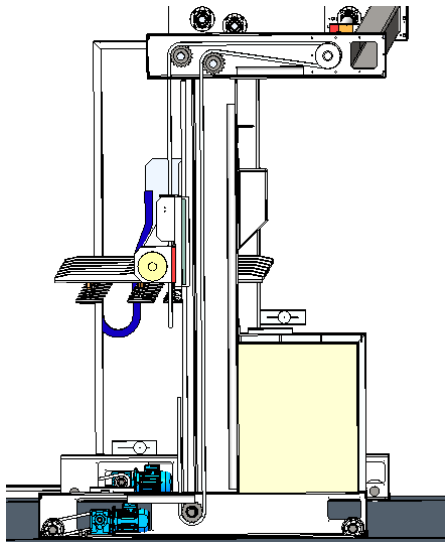


Figura 82 – Vista em corte do robot lateral, permitindo a visualização da corrente de elevação.

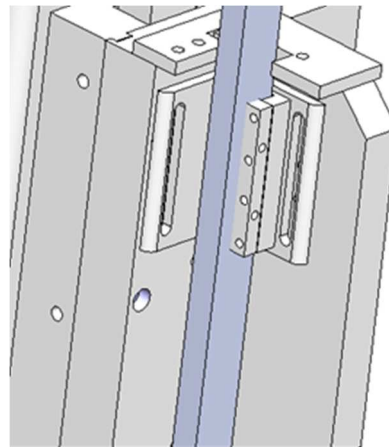


Figura 83 – Ajustagem da corrente de elevação

Na Figura 86 pode-se observar o acionamento da rotação (efetuando o movimento de rotação) através de dois veios com dois rolamentos, vista pormenorizada Figura 84. O suporte do rolamento é concebido conforme a Figura 84. Nesta figura pode-se visualizar uma perspectiva do carro e do tubo que permite a rotação e o suporte das ventosas, (Figura 85). Este tubo também serve para passagens de cabos elétricos e tubagem.

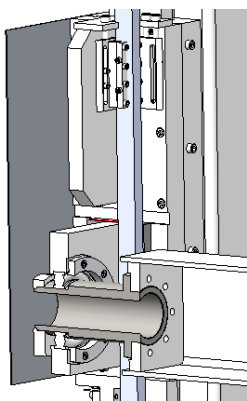


Figura 84 – Carro e suporte do rolamento.

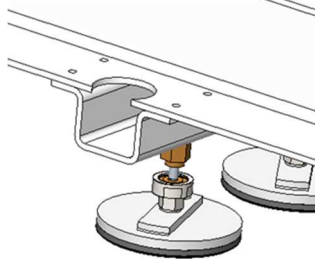


Figura 85 – Suporte das ventosas.

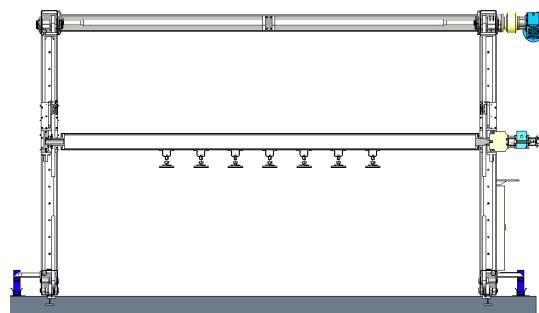


Figura 86 – Vista de corte das ventosas mais o tubo.

3.4.2 Projeto mecânico pelo Método de Elementos Finitos

O MEF é uma forma de resolução numérica de um sistema de equações diferenciais parciais. O método encontra aplicações em diversos campos: mecânica estrutural, aplicada neste projeto, mecânica dos fluidos ou eletromagnetismo. O objetivo deste capítulo é o projeto e otimização da estrutura do robot com recurso a testes numéricos pelo MEF. Estes testes permitem obter as tensões de von Mises, deformações, deslocamentos e fator de segurança da estrutura. Com esta informação, é possível a melhoria da estrutura nos pontos críticos. Nos testes realizados seguiu-se os seguintes procedimentos análises e melhorias dos protótipos: o robot foi dividido em dois testes para uma análise mais rápida do MEF. Nos testes 1 e 2 designam-se por estrutura de suporte e nos testes 3 e 4 viga de movimentação. Nos testes 1 e 2 não existe o peso das chapas considerando esse peso nas correntes. No teste 1 tem-se o anteprojecto com os tubos retangulares 200×200×8 mm para toda a estrutura de suporte. No teste 2 otimiza-se a estrutura para a versão final com tubos retangulares 200×200×10 mm e reforços triangulares nos montantes ou colunas. Os detalhes das malhas podem-se visualizar na Tabela 11. Nos testes 3 e 4 analisam-se a viga central. Do teste 3 para o 4 aumentou-se a espessura da barra de aço de 40 mm para 50 mm e o diâmetro do veio de 70 mm para 80 mm. As simulações do MEF foram feitas num computador que tem um processador Intel® Xeon® CPU E5 – 2620 @ 2.00GHz. A sua memória instalada (RAM) é de 24GB. Os dados das malhas utilizadas nas simulações dos testes foram (Tabela 11):

Tabela 11 – Dados das malhas.

	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Teste 4
Tipo de malha	Malha mista (elementos sólidos e elementos de casca).		Malha sólida	
Gerador de malhas usado:	Malha com base em curvatura			
Pontos jacobianos	4 Pontos			
Tamanho máximo de elemento	80 mm			
Tamanho de elemento mínimo	20 mm			
Qualidade da malha	Malha com alta qualidade.			
Total de nós	237678	231978	152945	152150
Total de elementos	119195	115708	74489	74119

As malhas de elementos casca e as malhas dos elementos sólidos foram usadas em simultâneo para diminuir o número total de nós e o número total de elementos. As análises dos modelos simulados apenas com elementos sólidos são mais lentas do que as análises com malha mista, devido ao aumento do número total de nós e elementos da estrutura. Com a solução adotada, consegue-se agilizar a resolução do problema estrutural sem perda de precisão dos resultados obtidos. Escolheu-se como condições fronteira para os testes 1 e 2 condições do tipo *Roller/Slider* para 3 dos 4 apoios e *Fixed* para o restante. Consegue-se assim evitar movimentos de corpo rígido da estrutura, embora permitindo a movimentação relativa entre eles. Os esforços apresentados na Figura 88 foram já apresentados e discutidos anteriormente (Figura 63). As estruturas do robot (testes 1 e 2) foram sujeitas às condições fronteira mostradas na Figura 87.

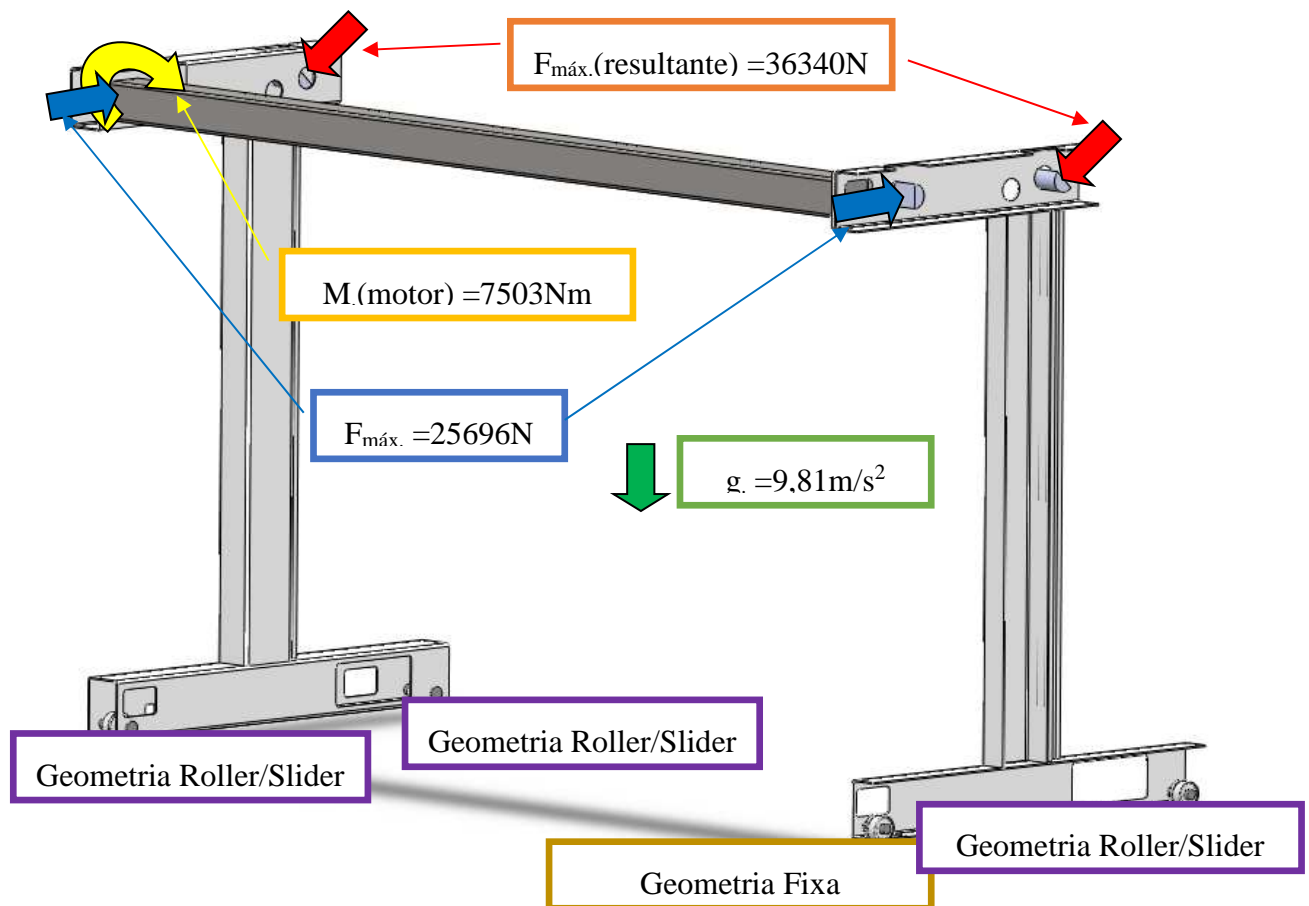


Figura 87 – Condições fronteira dos testes 1 e 2.

Nos testes 3 e 4 delinearam-se as condições/restrições Figura 88 e Figura 89 na posição mais crítica. A geometria *Roller/Slider* e a geometria fixa são aplicadas nas faces, da Figura 89.

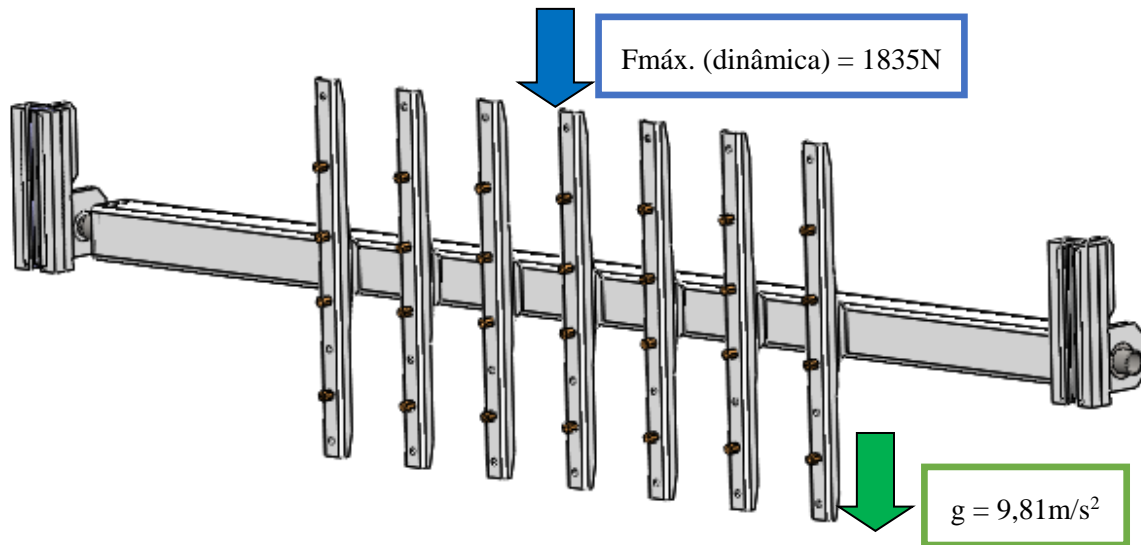


Figura 88 – Condições do teste 3 e 4.

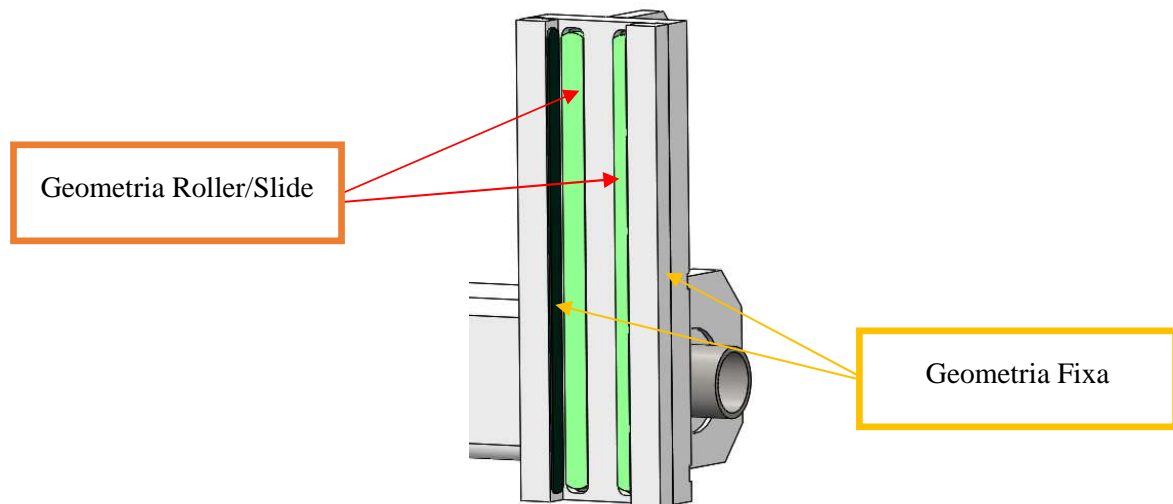


Figura 89 – Restrições do teste 3 e 4.

O cálculo da força máxima dinâmica foi efetuado através da equação (4):

$$\frac{51390}{28} = 1835 \text{ N (valor de cada ventosa).}$$

3.4.2.1 Simulações realizadas

O *Solidworks* permite visualizar a tensão máxima de von Mises, a deformação máxima, o deslocamento máximo e o CS mínimo a utilizar no robot e nas várias soluções de suporte de chapa. O

material utilizado nos testes foi o aço S275 exceto o veio que liga o moto redutor FR3 para os testes 3 e 4. O aço S275 modelado nos testes tem as seguintes características, material elástico isotrópico com $E=2,1 \times 10^{11}$, coeficiente de *Poisson*=0,28 e a tensão de cedência de 275 MPA. O fator de escala utilizado nos testes 1 e 2 foi de 50. Percebe-se que houve uma melhoria do teste 2 (Figura 91) para o teste 1 (Figura 90) na estrutura de suporte. Os reforços triangulares reforçaram a estrutura e permitiram uma distribuição mais uniforme das tensões von Mises em toda a estrutura. Os reforços triangulares diminuíram o curso de elevação mas aumentaram a resistência mecânica da estrutura de suporte. As tensões de von Mises localizam-se na união dos tubos retangulares, como mostra a Figura 90. No teste 2 existe menos tensões de von Mises localizadas. O aumento da espessura da parede dos tubos retangulares de 8 para 10 mm também ajudou a obter este resultado (Figura 91). De seguida mostra-se as várias simulações. Nos testes 1 e 2 utilizou-se o fator de escala 50.

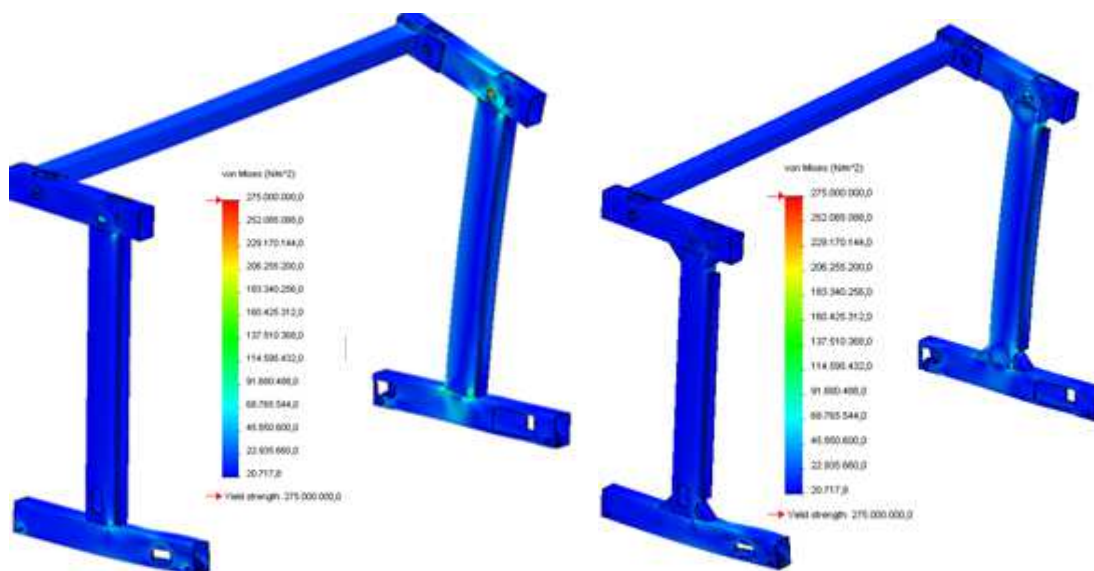


Figura 90 - Tensão de von Mises máx. teste 1.

Figura 91 - Tensão de von Mises máx. teste 2.

No teste 1 o deslocamento máximo foi de 8,359 mm enquanto no teste 2 o deslocamento máximo foi de 5,639 mm. Ao comparar a e percebe-se que existe uma diminuição dos deslocamentos máximos, o que se comprova por alteração de padrão de cores.

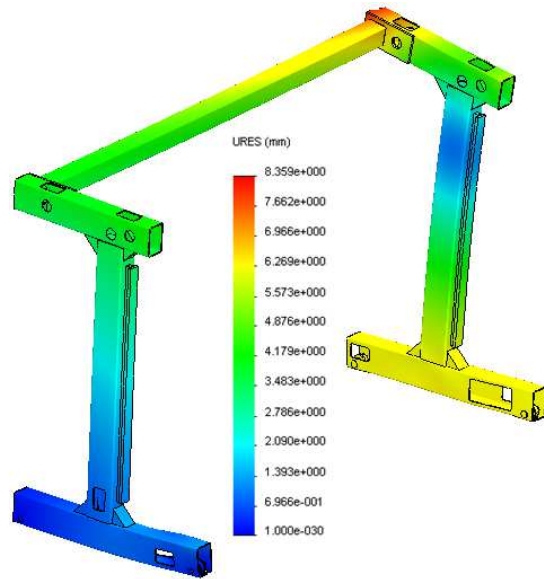
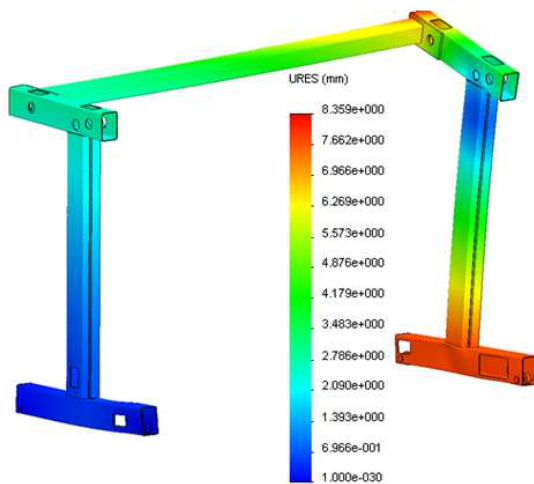


Figura 92 – Deslocamento resultante do teste 1. Figura 93 – Deslocamento resultante do teste 2.

No teste 1 (Figura 94) a deformação máxima é maior que a do teste 2 (Figura 95). O valor da deformação máxima do teste 1 é de $2,82 \times 10^{-3}$ e o valor do teste 2 é de $1,246 \times 10^{-3}$.

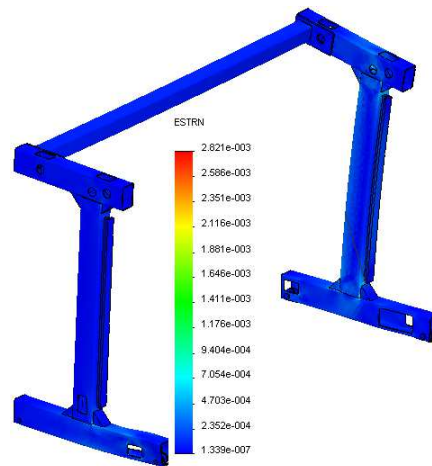
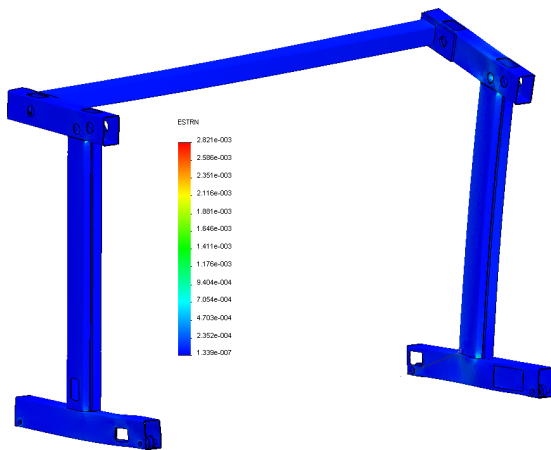


Figura 94 - Deformação máx. do teste 1.

Figura 95 – Deformação máx. do teste 2.

O coeficiente de segurança (C_s) da estrutura de suporte do teste 1 é crítico visto que assume valores abaixo de 2. Com o reforço triangular da estrutura de suporte no teste 2 consegue-se obter um resultado bom e aceitável, C_s maior ou igual a 2. Na Figura 96 e Figura 97 consegue-se visualizar esta diferença como se comprova a alteração de padrões.

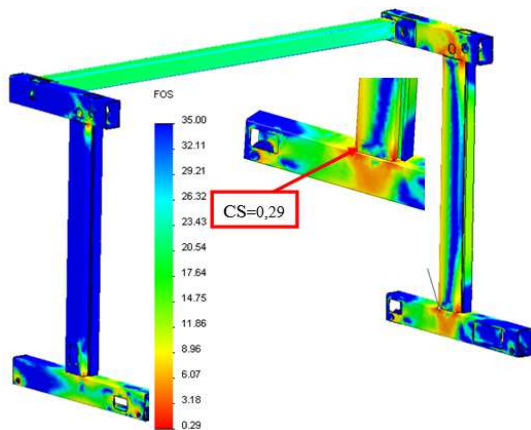


Figura 96 – CS teste 1.

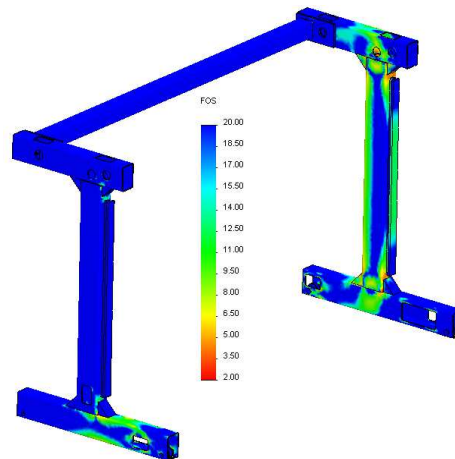


Figura 97 – CS teste 2

Nos testes 3 e 4 da viga de movimentação efetuaram-se as seguintes alterações, como mostra a Figura 98. O material utilizado foi o aço S275 na viga de movimentação.

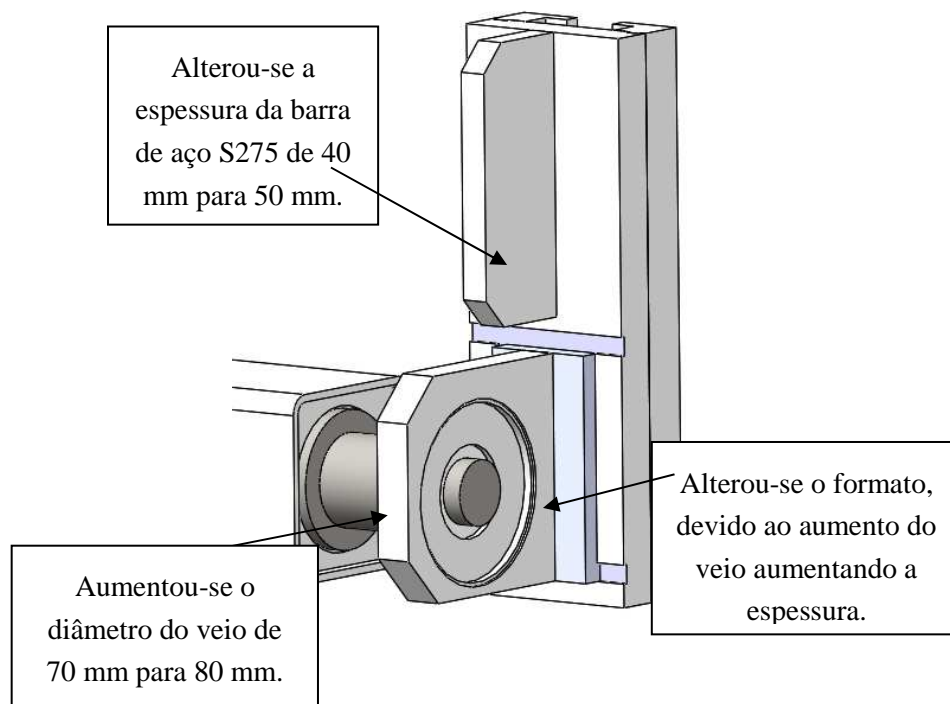


Figura 98 – Alterações efetuadas na estrutura das ventosas.

No teste 3 e teste 4 analisa-se a estrutura com os resultados obtidos pelo MEF e compara-se os resultados obtidos. O fator de escala utilizado nos testes 3 e 4 foi de 35 diferente dos testes 1 e 2, utiliza-se esta escala para melhor visualização dos resultados obtidos. Na Figura 99 a concentração de tensões von Mises é maior, distribuem-se ao longo da viga de movimentação e são mais localizadas

junto dos rolamentos. Com o reforço da estrutura verificou-se que a concentração de tensões de von Mises diminui (Figura 100).

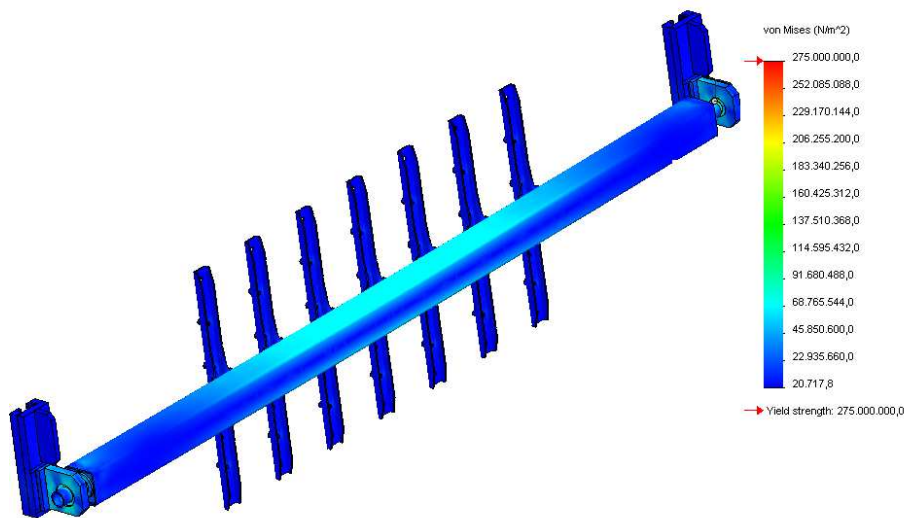


Figura 99 – Tensões máximas localizadas de von Mises teste 3.

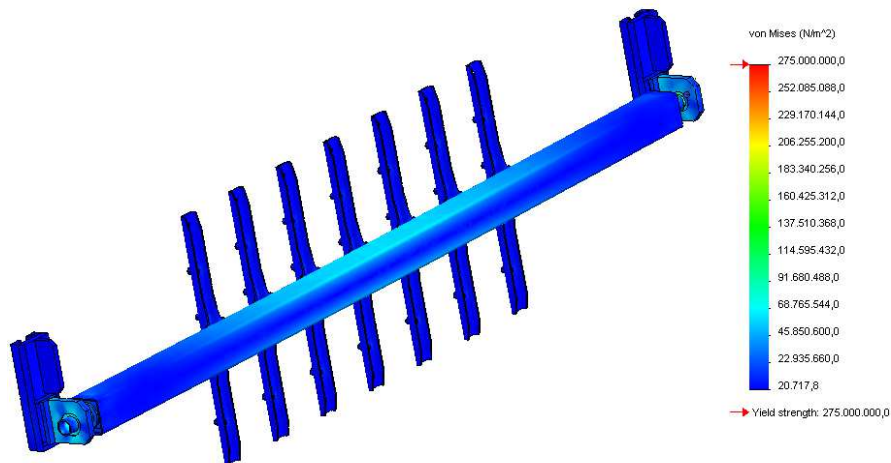
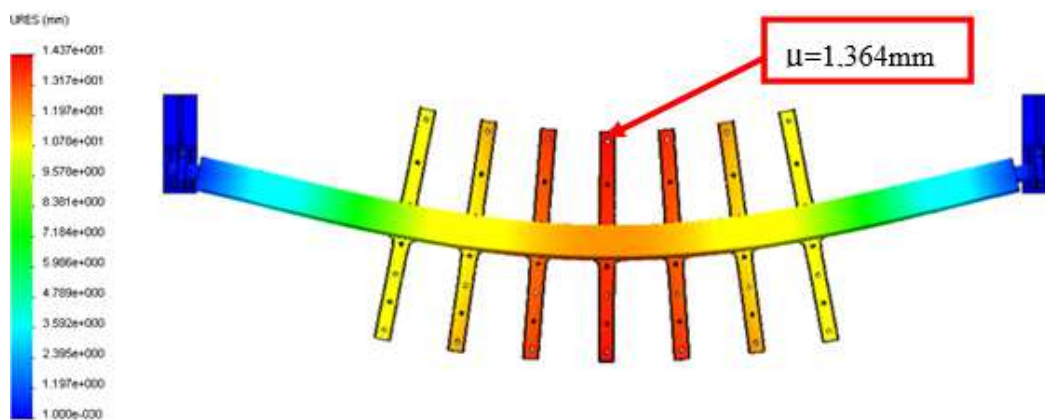
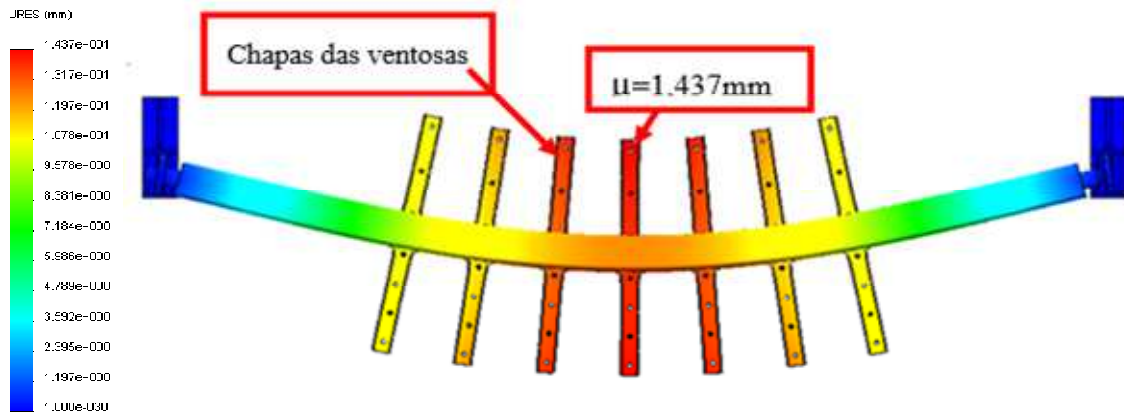
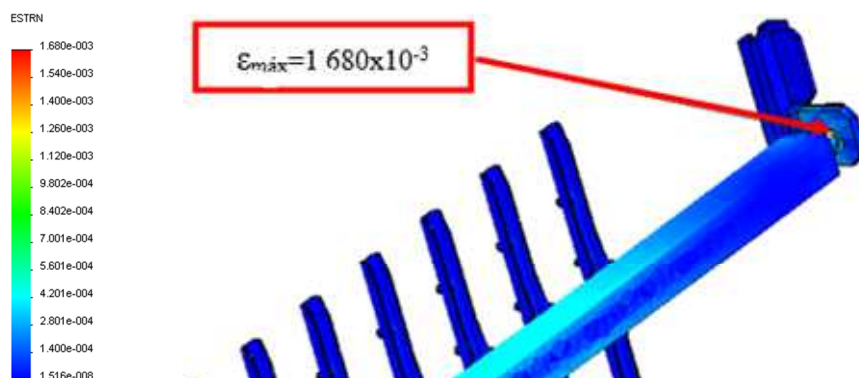


Figura 100 – Tensões máximas localizadas de von Mises teste 4.

Para analisar o deslocamento máximo considerou-se um fator de escala de 35. O deslocamento máximo do teste 3 foi de 1,437 mm (Figura 101) e o deslocamento máximo do teste 4 (Figura 102) foi de 1,364mm. Verifica-se que o deslocamento máximo diminui pouco com as alterações efetuadas do teste 3 de anteprojetado e o teste 4 de projeto final.



No teste 3 obteve-se uma deformação máxima de $1,680 \times 10^{-3}$ (Figura 103) e no teste 4 uma deformação máxima de $1,414 \times 10^{-3}$ (Figura 104). Houve uma ligeira diminuição nas deformações, o que significa que o reforço efetuado fez efeito na viga de movimentação.



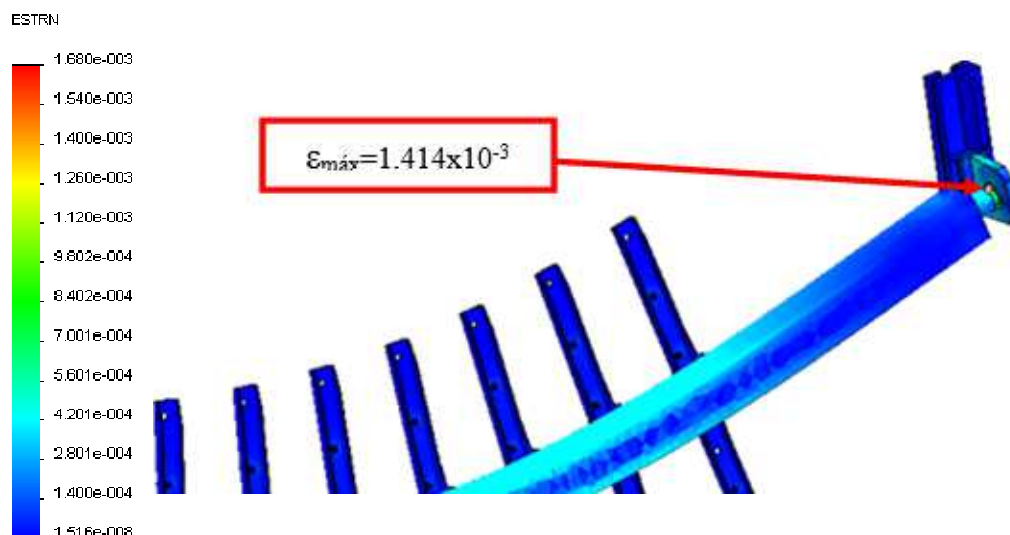


Figura 104 - Deformação máxima do teste 4.

O Cs alterou-se do teste 3 para o teste 4 como mostra a Figura 105, no teste 3 tem-se um coeficiente baixo e crítico junto do rolamento e na barra de 40 mm que suporta o rolamento. No teste 4 melhorou bastante, não existindo nenhum ponto crítico na estrutura alterando-se as espessuras da barra, o diâmetro veio mais a geometria, obteve-se um excelente resultado.

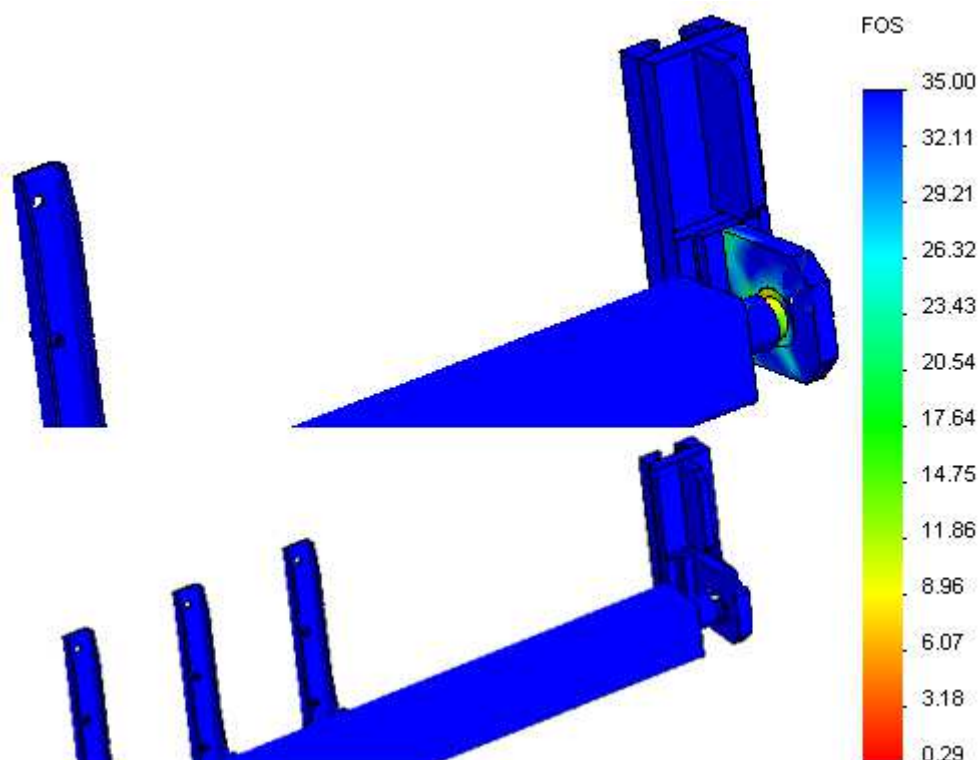


Figura 105 – Cs na viga de movimentação do teste 3 e do teste 4.

Comparou-se os resultados e verificou-se que:

- Tensão de von Mises máxima diminui;
- O deslocamento máximo diminui;
- A deformação máxima diminui;
- O coeficiente de segurança melhorou, conforme a imagem da Figura 105.

Pela análise dos elementos recolhidos nas simulações pode-se tirar algumas ilações. O perfil 200×200×8 mm insere-se nas exigências pretendidas, contudo é passível de sofrer algumas alterações com vista a melhorar algumas concentrações de tensões. Estas localizam-se (Figura 99 e Figura 100) essencialmente nas zonas de apoio onde suportam com a carga dinâmica da estrutura e do material que carrega a estrutura. Pode-se dizer que através dos Cs a estrutura está um pouco sobredimensionada como indica a Figura 105. Podia-se ter efetuado mais estudos através de outros testes com materiais diferentes e compararem-se os resultados obtidos. Com os resultados conseguidos através do MEF analisa-se o material mais barato no mercado, e o material mais utilizado na indústria para robots de movimentação.

3.4.3 Dimensionamento das ventosas e da bomba de vácuo.

O sistema selecionado para a sucção das chapas é o sistema de vácuo. Dá-se nome de vácuo à "pressão negativa" ou depressão (abaixo da pressão atmosférica). Existem vários tipos de ventosas. Na escolha da ventosa adequada deve-se levar em conta dois fatores principais: o peso e o tipo de peça que será manipulada. O peso será utilizado para o dimensionamento do diâmetro correto e o tipo da peça para escolher o modelo adequado da ventosa. Escolheu-se a Ventosa Padrão Plana (*Flat*) (Figura 106). Este tipo de ventosa é utilizada para superfícies de trabalho planas ou levemente curvadas, que não corram risco de deformação.

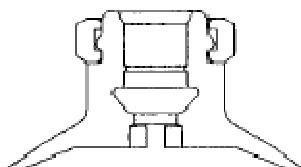


Figura 106- Ventosa Padrão Plana (*Flat*).

O dimensionamento das ventosas é efetuado da maneira que se apresenta de seguida e depende do tipo de levantamento, ilustrado na Figura 107.



Figura 107 – Tipos de levantamento.

O cálculo da força de retenção da ventosa é efetuado pelas equações (59) e (60),

$$F_{TH} = m \times (g + a / \mu) \times S \text{ para o levantamento horizontal} \quad (59)$$

e,

$$F_{TH} = (m / \mu) \times (g + a) \times S \text{ para o levantamento vertical.} \quad (60)$$

A seguir descrevem-se as variáveis que se utiliza para este cálculo:

- F_{TH} = força de retenção teórica do conjunto modular para vácuo (N)
- m = massa (kg)
- g = aceleração provocada pela gravidade (9,81 m/s²)
- a = aceleração do sistema (m/s²)

Ter em atenção: aceleração resultante de paragem de emergência com o fator de segurança (S) igual a 1,5 no mínimo para movimentos lineares e no mínimo 2 para movimentos giratórios e por último ao valor de fricção (μ).

Os parâmetros de a e μ estão definidos no Anexo K. Para se saber a área da ventosa é calculado da seguinte forma:

Tabela 12 – Diferentes diâmetros com a respetiva área.

Ø ventosa (mm)	20	40	60	80	100	130
Área (mm²)	314,2	1256,6	2827,4	5026,5	7853,9	13273,2
Ø ventosa (mm)	160	180	200	250	320	400
Área (mm²)	20106,2	25447	31415,9	49087,4	80424,8	125663,7

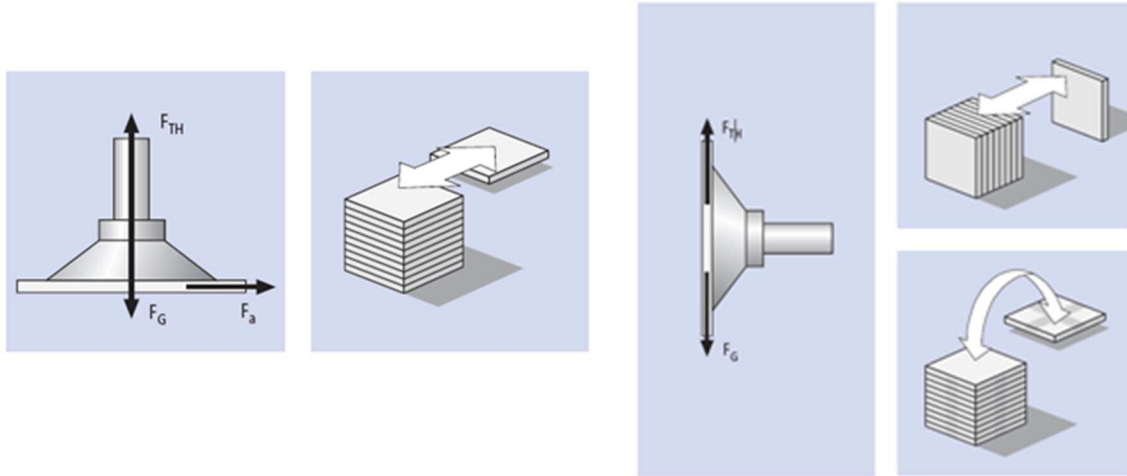
Em que o $W_h = F_{TH}$ é a força de levantamento horizontal, $W_v = F_{TV}$ é a força de levantamento vertical e a área é calculada pela seguinte equação (61):

$$A_v = \text{Área da ventosa (mm}^2\text{)} = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (61)$$

O Ø da ventosa (mm) utilizada no robot foi de 180 mm com a respetiva $S=25447 \text{ mm}^2$. Através do Anexo K pode-se calcular a força de retenção das ventosas e deve-se seguir os seguintes cálculos do Anexo K. Para determinar a força de retenção necessária é necessário calcular a massa a aceleração do sistema e o coeficiente de fricção. A força de retenção necessária depende da situação da carga. As três situações de carga mais comuns são:

- Situação 1: ventosa na posição horizontal, movimento na direção vertical (melhor caso);
- Situação 2: ventosa na posição horizontal, movimento na direção horizontal;
- Situação 3: ventosa na posição vertical, movimento na direção vertical (pior caso).

Na maioria dos ciclos de *pick and place* encontram-se múltiplas situações de movimento diferentes. Para efeitos de dimensionamento, foi utilizado o pior caso com a maior força de retenção teórica para fazer os cálculos. Para calcular a força de retenção, precisa-se de saber qual o peso e aceleração da peça de trabalho. Na situação 1 (Figura 108-a) Ventosa na posição horizontal, movimento na direção vertical (caso mais favorável)) e na situação 2 (Figura 108-a) Ventosa na posição horizontal, movimento na direção horizontal).



- a) Ventosa na posição horizontal, movimento horizontal e vertical. b) Ventosa na posição vertical.

Figura 108 – Ventosa na posição horizontal e vertical.

Na situação 3 (Figura 108 b) ventosa na posição vertical, movimento na direção vertical caso menos favorável. Este caso da situação 3 é o menos favorável, o valor de μ e de S está conforme o Anexo K, nesta posição crítica pode-se dimensionar as ventosas e a bomba de vácuo que se pretende (situação 3), logo utiliza-se a seguinte equação (60).

$$F_{TH} = (125/0,5) \times (9,81 + 0,5) \times 2 = 5,155 \text{ N}$$

Para calcular a força de sucção (F_s) para cada ventosa utiliza-se a seguinte formula (62)

$$F_s = \frac{F_{TH}}{n_v} \quad (62)$$

em que o número de ventosas (n) é igual a 28, logo, $F_s = 5,155/28 = 0,184 \text{ N}$. O cálculo do rácio da sucção:

$$V[\text{m}^3 / \text{h}, \text{l} / \text{min.}] \text{ em que } V = n \times V_s \quad (63)$$

No Anexo L pode-se retirar o valor da variável capacidade de sucção mediante o diâmetro de ventosa escolhida, (V_s) que neste caso é de 180 mm.

Tabela 13 – Valores de sucção da ventosa com diâmetro 180 mm.

Suction capacity as a function of suction-pad diameter		
Suction-pad Ø	Suction capacity V_s	
Up to 60 mm	0.5 m ³ /h	8.3 l/min
Up to 120 mm	1.0 m ³ /h	16.6 l/min
Up to 215 mm	2.0 m ³ /h	33.3 l/min
Up to 450 mm	4.0 m ³ /h	66.6 l/min

Para saber ao certo a capacidade de sucção tem-se que fazer uma interpolação da Tabela 13 [79], $V_s=1,63$ m³/h. Logo o rácio de sucção (V) da fórmula (63) é calculado da seguinte maneira [80]:

$$V=28 \times 1,63 = 45,64 \text{ l/min.} = 2,7384 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Com o valor de V pode-se escolher a bomba de vácuo que se pretende no catálogo da *SCHMALZ*. As bombas de vácuo a seco (material seco) podem ser a EVE - TR e nas bombas de vácuo com material oleoso e húmido podem ser EVE – OG segundo o Anexo M. Neste caso definiu-se que o material escolhido é o material seco logo a bomba escolhida vai ser EVE TR, do Anexo M. A seleção da bomba de vácuo recaiu na referência EVE-TR 10 AC [81]. A ventosa escolhida está referenciada no Anexo N, com diâmetro de aproximadamente 180 mm *Suction Plates* SPK 160 MOS-15 G1/2-IG segundo o projeto.

Em jeito de conclusão a ventosa está sobredimensionada Anexo N, visto que a F_s é de 184 N na equação (62). Desta forma pode-se escolher então uma ventosa com diâmetro menor 95 mm SPK 80 MOS-15 G1/4-IG.

3.4.4 Projeto das uniões na estrutura

A soldadura Mig/Mag é utilizada na indústria para ligar materiais em aço S275, sendo a maneira mais eficaz de ligação, ver Figura 109. Nesta Figura 109 apresenta-se um cordão de soldadura a toda a volta da estrutura com 6 mm.

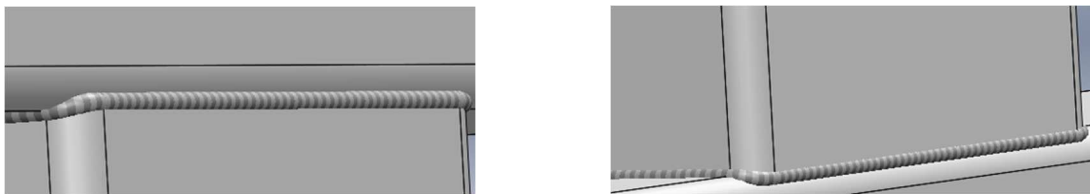


Figura 109 – Ligações soldadas do tubo 300×200×8 mm.

No tubo 300×200×8 mm em aço S275 existem barras calibradas S275 soldadas que fazem de guiamento para os patins como mostra a Figura 110. O cordão de soldadura é de 6 mm a toda a volta dos tubos, mais a frente verifica-se que este valor é aceitável.

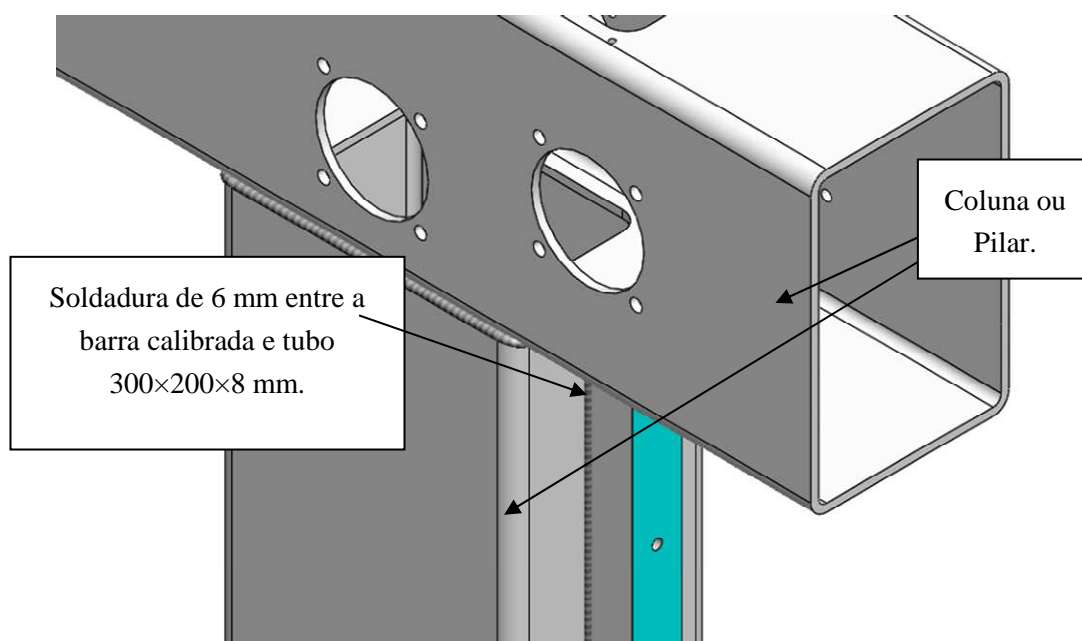


Figura 110 – Cordão de soldadura barra calibrada.

Na (Figura 111) pode-se observar várias ligações aparafusadas com parafusos DIN912 M12, M10, M6 e uniões soldadas com cordão de 6 mm e 4 mm. As várias ligações aparafusadas permitem uma maior flexibilidade na montagem e na substituição de algum elemento do carro caso este avarie.

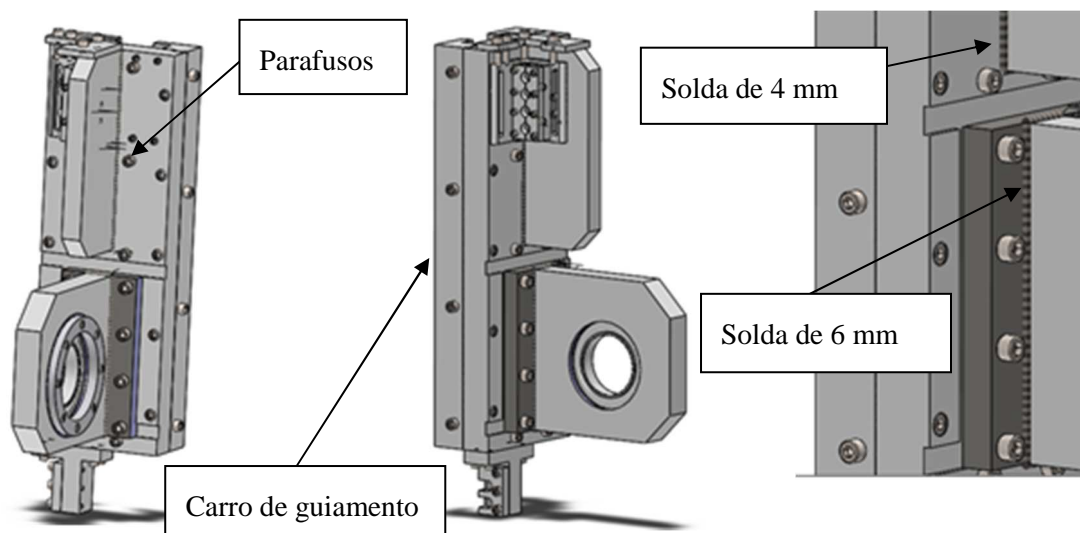


Figura 111 – Ligações dos carros do robot.

Para segurar as ventosas à chapa utilizou-se porcas DIN 24033 M20 (Figura 112). A ligação da ventosa é apresentada na Figura 113. O princípio de funcionamento da ligação das ventosas é igual a uma rótula com um pino que entra com um ajustamento forte e torna-se uma rótula flexível, deste modo este sistema é simples e seguro.

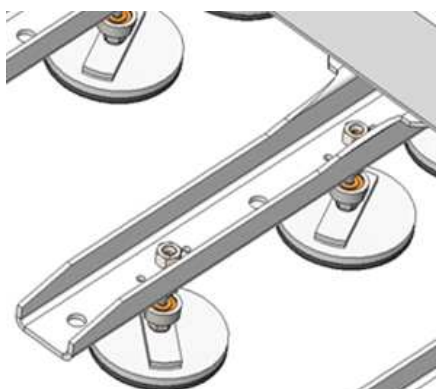


Figura 112 – Aparafusamento das ventosas.

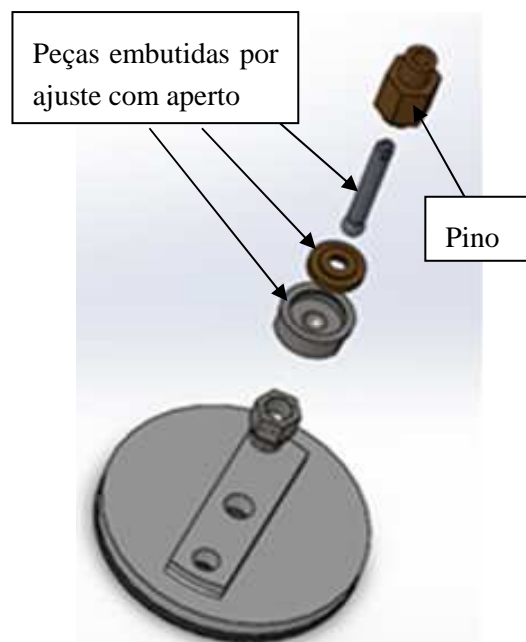


Figura 113 – Ligação das ventosas.

Na Figura 114 pode-se observar o motor redutor fixo e o pormenor do esticamento. Como mostra a Figura 115, as rodas da estrutura são montadas com um tambor e dois rolamentos, um espaçador e uma tampa com parafusos DIN 912 M6x10 e M6x25 que fazem a ligação destes componentes rolamentos, espaçadores e rodas mais a flange de fixação, unindo-os de uma forma uniforme e segura.

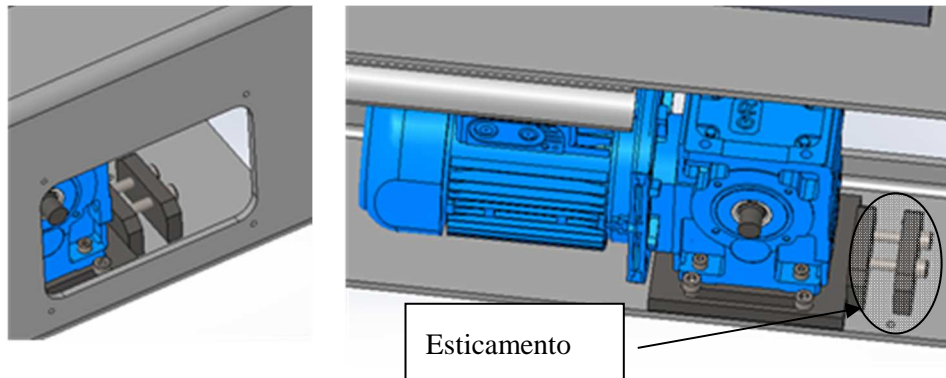


Figura 114 – Moto redutor e afinação.

Na figura Figura 115 vê-se em pormenor a ligação com os dois rolamentos e o batente que está fixo ao veio por uma cavilha.

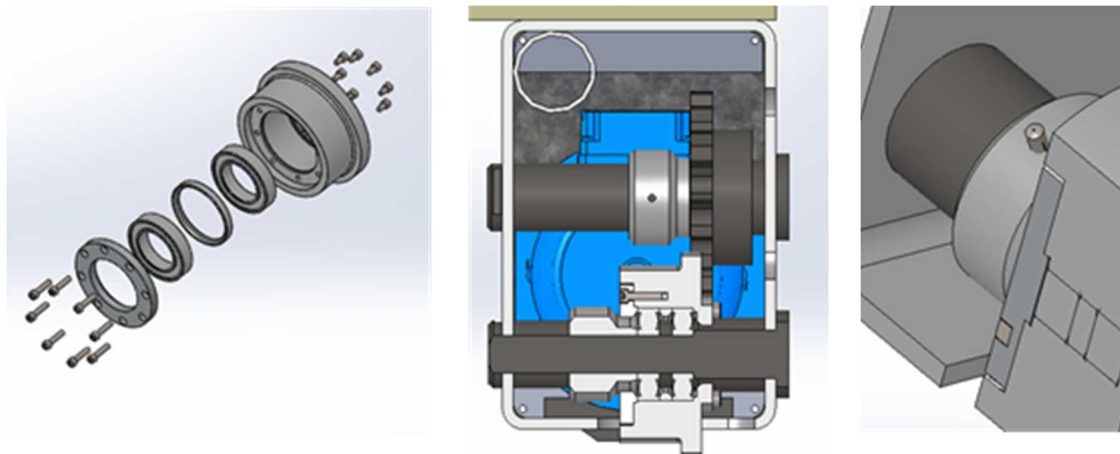


Figura 115 – Montagem da roda e aparafusamento.

Na Figura 116 visualiza-se o veio que se encontra acoplado à redutora. O veio de ligação é feito de uma material diferente FR3. O acionamento deste sistema é efetuado pelo motor redutor. O *encoder* permite ler o número de ciclos das rotações efetuadas. Pode-se também visualizar o afinador de corrente.

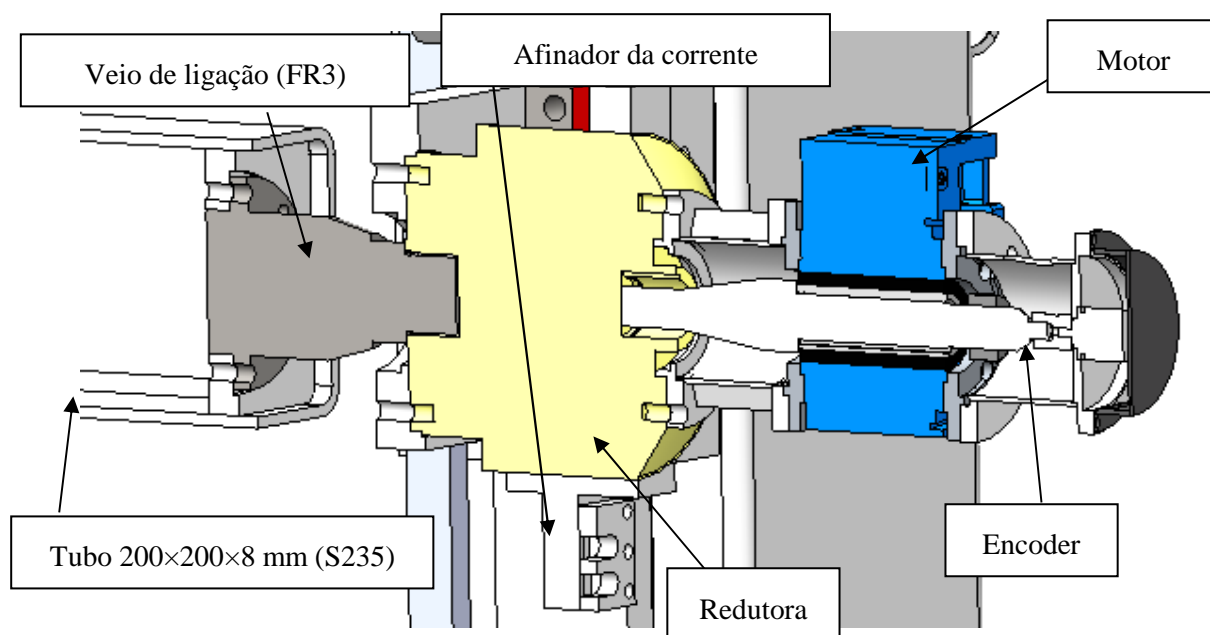


Figura 116 – Vista de corte do moto-reductor da rotação.

Na Figura 117, pode-se ver a vista de corte da transmissão motor/redutora/acoplamento/veio de sincronismo/corrente para a elevação.

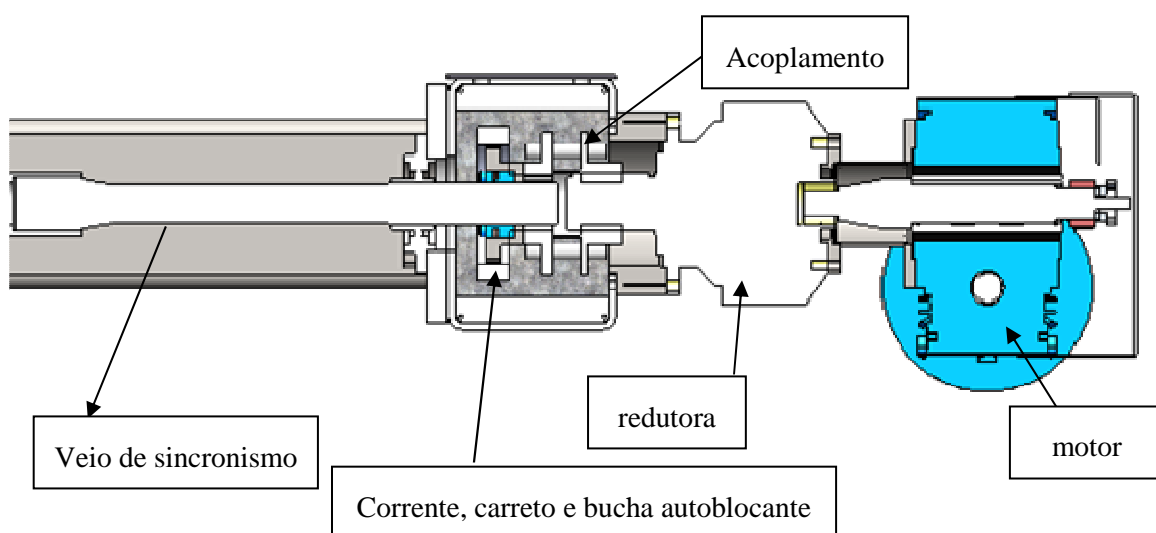


Figura 117 – Vista de corte do moto-reductor elevação e o veio de sincronismo

Para o dimensionamento da soldadura de ligações utiliza-se o EC3-P1.8. No dimensionamento da soldadura usou-se o seguinte exemplo, Figura 118, com cordão de 6mm.

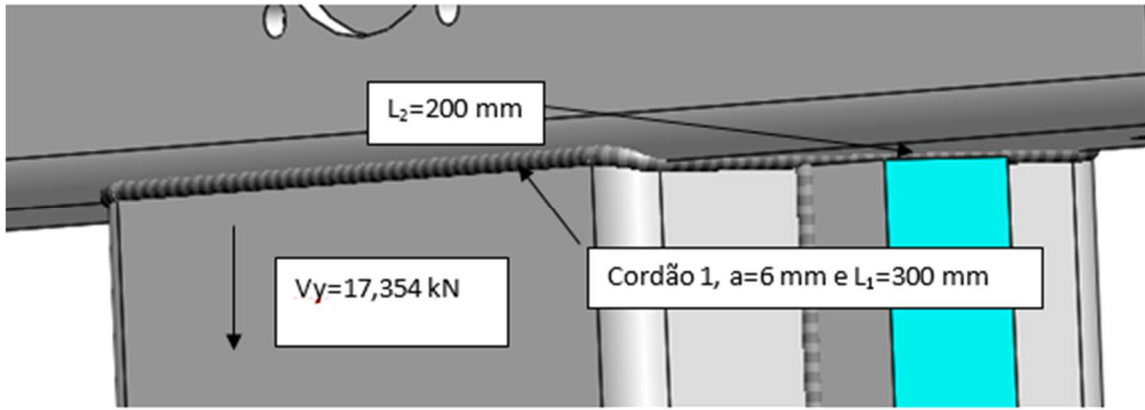


Figura 118 – Ligação de soldadura com cordão de 6 mm.

Recorrendo ao método simplificado para o cálculo da resistência do cordão de soldadura segundo EC3-P1.8 tem de se satisfazer a seguinte condição (64):

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (64)$$

O valor de cálculo do esforço atuante na soldadura por unidade de comprimento ($F_{w,Ed}$) é menor que o valor de cálculo da resistência da soldadura por unidade de comprimento ($F_{w,Rd}$).

O valor de $F_{w,Ed}$ sabe-se através do diagrama dos esforços cortantes máximos do *Multiframe* (Figura 118). O valor máximo do esforço é de 17,354 kN. O limite de resistência (f_u) é retirado através do Anexo O, e o fator de correlação (β_w) do Anexo Q e a resistência da estrutura do sistema (γ_{M2}) são retirados através do Anexo O. Através da fórmula (65) do Anexo Q calcula-se $F_{w,Rd}$:

$$F_{w,Rd} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \times \gamma_{M2}} \quad (65)$$

em que

$$F_{w,Rd} = \frac{\frac{430000}{\sqrt{3}}}{0,85 \times 1,25} \times a_1(0,006) \times L(2 \times (0,3 \times 0,008 + 0,2 \times 0,008)) = 22,43 \text{ kN}$$

Logo aceita-se a condição da resistência ao corte da fórmula (64), já que

$$17,354 \leq 22,43 \text{ kN}.$$

O valor da soldadura de 6 mm da Figura 118 está bem dimensionado, como indicam os cálculos. Para o dimensionamento dos parafusos (Figura 120) chapa e tubo em que vai se estabelecer uma ligação aparafusada de 10 x M12 (6.8) parafusos, em que o $d = 12 \text{ mm}$ e o $d_0 = 14 \text{ mm}$. Em que o d é o diâmetro nominal do parafuso e o d_0 é o diâmetro do furo para um parafuso. Na Figura 120 vê-se o exemplo que se vai dimensionar na ligação aparafusada. Para dimensionar-se as ligações aparafusadas retirou-se os esforços de corte e os restantes esforços com os respetivos diagramas no subcapítulo 3.2. Nesta zona de aparafusamento o esforço de corte máximo da ligação é de 25, 696 kN. Através do EC3-P1.8 no Anexo O verifica-se a disposição dos furos em ligações com parafusos. Segundo o EC3-P1.8 para se começar a dimensionar os parafusos é necessário verificar todas estas condições para qualquer ligação aparafusada. De seguida calcula-se a disposição construtiva conforme o EC3-P1.8:

Tabela 14 – Disposição construtiva dos parafusos M12.

1-Disposição construtiva Tubo 300x200x8mm (t=8 mm) S275		
Distância à extremidade	$1,2d_0 \leq e_1 \leq 4t + 40 \text{ mm} \quad (66)$	$1,2 \times 14 = 16,8 \leq e_1 \leq 4 \times 8 + 40 = 72 \text{ mm}$ aceita – se
Distância do bordo lateral	$1,2 \times d_0 \leq e_2 \leq 4 \times t + 40 \quad (67)$	$1,2 \times 14 = 16,8 \leq e_2 \leq 4 \times 8 + 40 = 72 \text{ mm}$ aceita – se
Distância entre eixos p_1	$2,2 \times d_0 \leq p_1 \leq 14 \times t \quad (68)$ $2,2 \times d_0 \leq p_1 \leq 200$	$2,2 \times 14 = 35,2 \leq p_1 \leq 14 \times 8 = 112$ $2,2 \times 14 = 35,2 \leq p_1 \leq 200$ aceita – se
Verifica todas as condições.		
2-Disposição construtiva Chapa 550x285x30 mm (t=30 mm)		
Distância à extremidade	(66)	$1,2 \times 14 = 16,8 \leq e_1 \leq 4 \times 30 + 40 = 160 \text{ mm}$ aceita – se

Distância do bordo lateral	(67)	$1,2 \times 14 = 16,8 \leq e_2 \leq 4 \times 30 + 40 = 160 \text{ mm}$ aceita – se
Distância entre eixos p_1	(68)	$2,2 \times 14 = 35,2 \leq p_1 \leq 14 \times 30 = 420 \text{ mm}$ $2,2 \times 14 = 35,2 \leq p_1 \leq 200$ aceita – se
Verifica todas as condições.		

Aceita-se todas as condições conforme está representado na Tabela 14, a disposição construtiva da Figura 120 é boa. Desta forma pode-se dimensionar as ligações dos parafusos ao corte, esmagamento, etc. Na Figura 119 tem-se

- Distância entre eixos dos parafusos (medida na direção da transmissão do esforço) (p_1);
- Distância (medida perpendicularmente à direção da transmissão do esforço, entre fiadas adjacentes de parafusos ou rebites) (p_2);
- Distância para qualquer das peças de ligação, entre o centro do furo de um parafuso (medida na direção da transmissão do esforço) (e_1);
- Distância, para qualquer das peças de ligação entre o centro do furo (medida perpendicularmente à direção da transmissão do esforço) (e_2) no Anexo O.

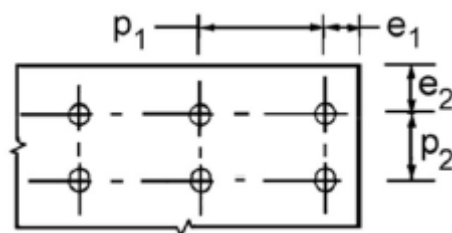


Figura 119 – Símbolos para as distâncias entre os eixos dos furos de peças de ligação.

Na Figura 120 mostra-se os valores de P_1 e P_2 conforme o EC3-P1,8 do Anexo O.

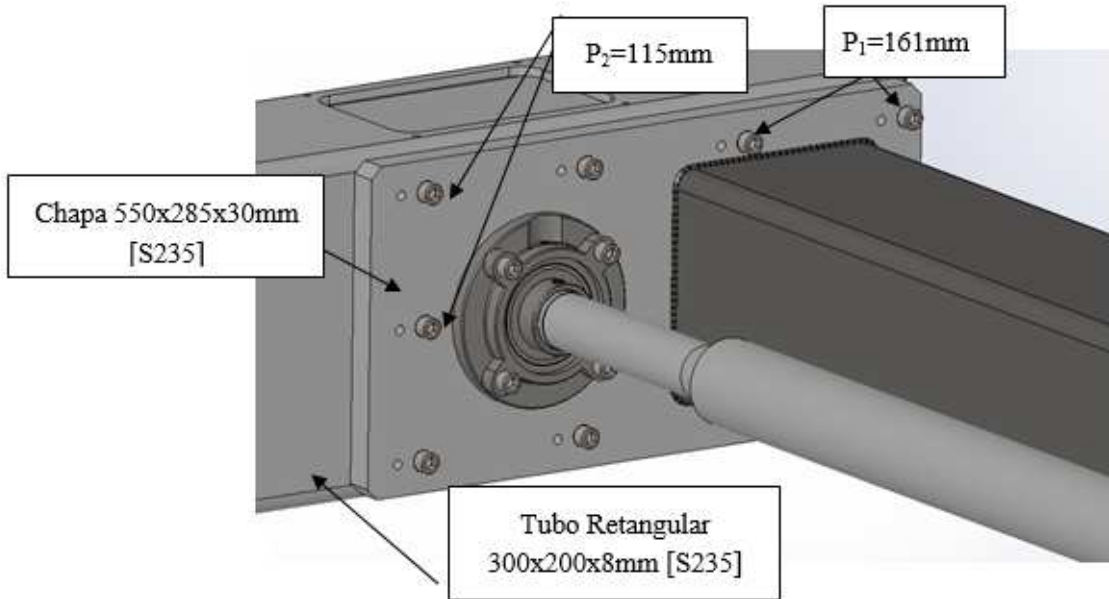


Figura 120 – Valores de p1 e p2 conforme o EC3P1.8 e ligações aparafusadas.

De seguida calcula-se a resistência ao corte da ligação aparafusada,

- (i) Dimensionamento da resistência ao corte das ligações aparafusadas segundo o Anexo O. Cálculo da resistência ao corte no eixo do y (V_y) é retirado através do *software Multiframe* em que o esforço de corte máximo é de 25,696 kN. Para dimensionar as ligações dos parafusos é necessário verificar a condição (69) a resistência ao esforço transversal por parafuso esperado ($F_{D,Rd}$) tem de ser menor ou igual do que o valor da resistência ao esforço transversal por parafuso ($F_{V,Rd}$)

$$F_{D,Rd} \leq F_{V,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \quad (69)$$

$$F_{D,Rd} = \frac{V_y}{n^\circ \text{ parafusos}} \quad (70)$$

$$F_{D,Rd} = \frac{25,696}{10} = 2,57 \text{ kN}$$

$$F_{V,R_D} = \frac{0,6 \times 600000 \times \frac{\pi \times 0,012^2}{4}}{1,25} = 27,14 \text{ kN}$$

A tensão de rotura a tração (f_{ub}) está no Anexo P $f_{ub}=600 \text{ N/mm}^2$ e a classe do parafuso ao corte (α_b) é de 0,5. A (γ_{M2}) no Anexo P é de 1,25. Calculou-se a condição (69) e verifica-se a condição. Boa ligação da resistência ao corte dos parafusos M12.

$$2,57 \leq 32,57 [\text{kN}] \text{ verifica-se}$$

Para se dimensionar a resistência ao esmagamento das ligações dos parafusos é necessário fazer a verificação para o tubo e para chapa Anexo O segundo EC3-P1.8 (Figura 120).

- (ii) Verificação da ligação aparafusada do tubo retangular 300×200×8mm em aço S275 (Figura 120)

Para se efetuar a verificação tem de se calcular o valor da perpendicularidade da direção de transmissão dos esforços para parafusos de extremidade (K_1) conforme o Anexo O. Depois de calcular as equações (71) escolhe-se o menor valor de k_1 . O valor de p_2 está mostrado na Figura 120.

$$\begin{aligned} K_1 &= 2,8 \times \frac{e_2}{d_0} - 1,7 \\ K_1 &= 1,4 \times \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \\ K_1 &= 2,5 \end{aligned} \tag{71}$$

$$\begin{aligned} K_1 &= 2,8 \times \frac{8}{14} - 1,7 = -0,1 \\ K_1 &= 1,4 \times \frac{115}{14} - 1,7 = 9,8 \\ K_1 &= 2,5 \end{aligned}$$

Para se efetuar esta verificação convém também saber o valor menor da direção de transmissão dos esforços para parafusos de extremidade (α_b) no Anexo O. O $f_u=600 \text{ N/mm}^2$ e o $f_u=430 \text{ N/mm}^2$ segundo o Anexo O. Para calcular o valor de α_b utilizou-se as seguintes fórmulas (72) e escolhe-se o menor valor segundo o EC3-P1.8.

$$\begin{aligned}\alpha_b &= \frac{P_1}{3 \times d_0} \\ \alpha_b &= \frac{f_{ub}}{f_u} \\ \alpha_b &= 1\end{aligned}\tag{72}$$

$$\begin{aligned}\alpha_b &= \frac{160}{3 \times 14} = 3,81 \\ \alpha_b &= \frac{600}{430} = 1,385 \\ \alpha_b &= 1\end{aligned}$$

Depois de se saber o α_b e o k_1 calcula-se a condição (74). O valor do esforço transversal por parafuso no estado limite último ($F_{V,Ed}$) é menor ou igual que o valor da resistência ao esmagamento por parafusos ($F_{b,Rd}$).

$$\begin{aligned}F_{b,Rd} &= \frac{k_1 \times \alpha_b \times f_u \times d \times t}{\gamma_{M_2}} \\ F_{b,Rd} &= \frac{(-0,1) \times 1 \times 430000 \times 0,012 \times 0,008}{1,25} = 3,30 \text{ kN}\end{aligned}\tag{73}$$

Logo verifica-se a seguinte condição (74):

$$F_{V,Ed} \leq F_{b,Rd}\tag{74}$$

$$2,57 \leq 3,3 \text{ kN valor aceite}$$

Significa que temos uma boa ligação de resistência ao esmagamento dos parafusos M12.

(iii) Verificação da ligação aparafusada da chapa 550x285x30 mm em aço S275.

Calcula-se o menor valor de k_1 e α_b das equações (71) e (72) em que o valor de p_1 está na Figura 120 segundo o Anexo O.

$$K_1 = 2,8 \times \frac{30}{14} - 1,7 = 4,3$$

$$K_1 = 1,4 \times \frac{160}{14} - 1,7 = 14,3$$

$$K_1 = 2,5$$

$$\alpha_b = \frac{160}{3 \times 14} = 3,81$$

$$\alpha_b = \frac{600}{430}$$

$$\alpha_b = 1$$

Os menores valores a considerar para entrar na verificação são $k_1=2,5$ e $\alpha_b=1$, logo para verificar a seguinte condição tem-se de efetuar o seguinte cálculo com a equação (73),

$$F_{b,R_D} = \frac{2,5 \times 1 \times 430000 \times 0,012 \times 0,030}{1,25} = 309 \text{ kN} , \text{ satisfaz a condição (74),}$$

$$2,57 \leq 309 \text{ kN} \text{ verifica a condição.}$$

Significa que tem-se uma ótima resistência de esmagamento da chapa.

- Verificação da resistência à rotura do bloco segundo o Anexo O é necessário fazer a verificação para o tubo e para chapa Anexo O segundo EC3-P1.8, esta verificação designa-se por destacamento do bloco é uma rotura por corte na fiada de parafusos situada na secção solicitada ao corte do grupo de furos.
- (i) Verificação da redução da resistência em bloco da ligação aparafusada para o tubo retangular 300×200×8 mm em aço S275 (Figura 121).

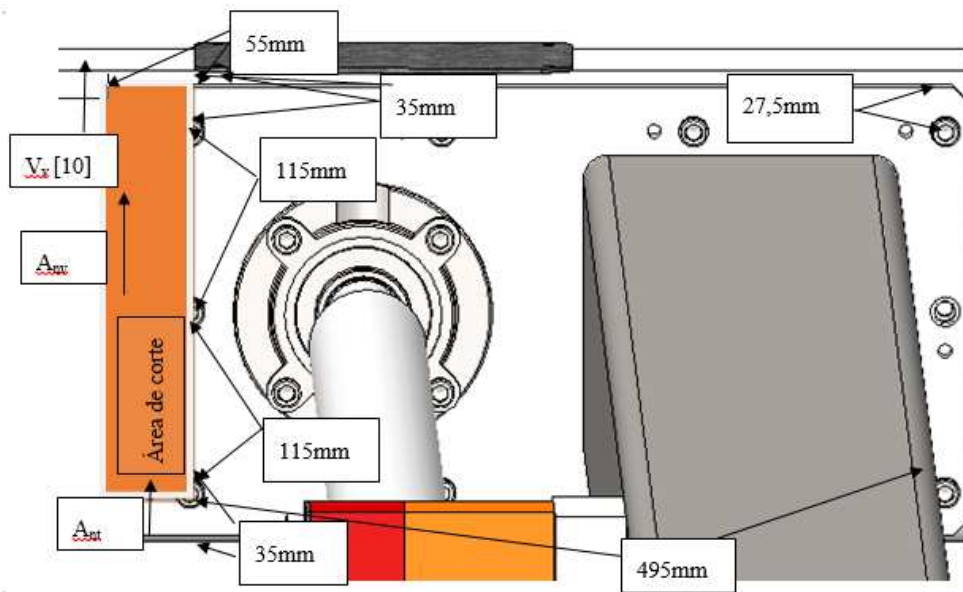


Figura 121 – Dimensões do corte em bloco.

Para calcular a área útil solicitada à tração (A_{nt}) e a área útil solicitada ao corte (A_{nv}) é necessário efetuar o seguinte cálculo segundo o Anexo O, em função da disposição dos parafusos apresentada na Figura 121. Para calcular a área útil solicitada à tração efetuou-se o seguinte cálculo:

$$A_{nt} = 8 \times (115 + 115 + 35) - (8 \times 14) \times 2,5 = 49 \times 8 = 1840 \text{ mm}^2$$

O cálculo para a área útil solicitada ao corte é o seguinte:

$$A_{nv} = 55 \times 8 - (8 \times 14) \times 0,5 = 384 \text{ mm}^2$$

Com estes valores calcula-se o valor de cálculo da resistência ao destacamento do bloco ($V_{\text{eff},1,\text{RD}}$). O dimensionamento da resistência ao corte verifica-se através da fórmula (75) e (76).

$$V_{\text{eff},1,\text{RD}} = \frac{f_u \times A_{\text{nt}}}{\gamma_{\text{M2}}} + \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \times f_y \times A_{\text{nv}}}{\gamma_{\text{M0}}} \quad (75)$$

$$V_{\text{ED}} \leq V_{\text{ef},1,\text{Rd}} \quad (76)$$

$$V_{\text{eff},1,\text{RD}} = \frac{430000 \times 1840}{1,25} + \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \times 275000 \times 384}{1} = 694 \text{ kN}$$

$$25,696 \leq 694 \text{ kN aceita - se}$$

- (i) Verificação da redução da resistência em bloco na ligação aparafusada para a chapa 550x285x30 mm em aço S275 segundo o EC3-P1.8.

No dimensionamento da chapa na redução da resistência ao bloco, faz-se o mesmo procedimento que se efetuou para o tubo retangular 300x200x8 mm e aceita-se o valor como mostra a equação (76).

$$A_{\text{nt}} = 495 \times 30 - (30 \times 14) \times 0,5 = 14640 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{nv}} = (27,5 + 115 + 115) \times 30 - 30 \times 14 \times 2,5 = 6675 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{eff},1,\text{RD}} = \frac{430000 \times 14640}{1,25} + \frac{\frac{1}{\sqrt{3}} \times 275000 \times 6675}{1} = 6096 \text{ kN}$$

$$25,696 \leq 609 \text{ kN aceita – se}$$

Conclui-se que a ligação aparafusada do bloco representada na Figura 121 verifica a condição do EC3-P1.8. A ligação aparafusada no tubo 300x200x8 mm em aço S275/chapa 550x285x30 (S275) são ligados por parafusos M12x55 e anilhas 13x19x1 e porcas M12 (Figura 121). Dimensionou-se este exemplo para as restantes ligações aparafusadas são efetuadas da mesma maneira. De seguida apenas se descreve as soluções construtivas das uniões. Na Figura 122 mostra-se uma ligação que serve de apoio para o veio de sincronismo com uma ligação aparafusada DIN912 M12x120.

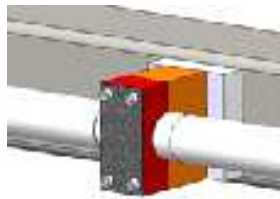
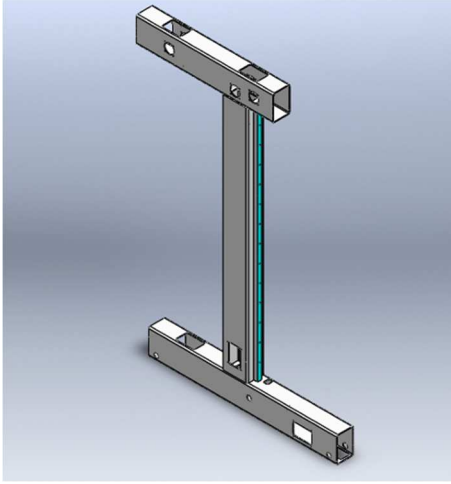
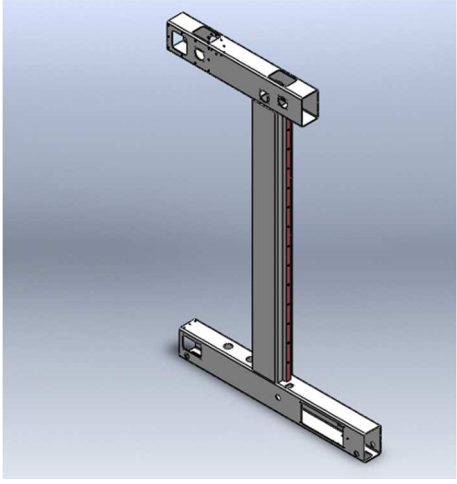


Figura 122 Ligação aparafusada do veio.

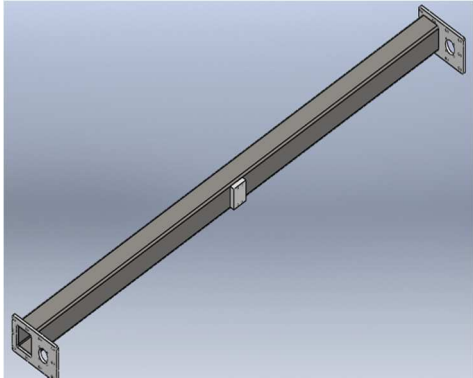
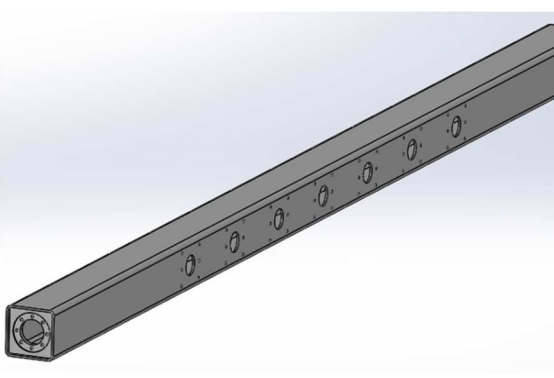
3.4.5 Processos de fabrico e desenhos de pormenor

O robot foi fabricado por vários processos de fabrico [82-92]. O robot tem várias peças mostradas neste subcapítulo com a respetiva lista de corte e lista de peças, com respetivos desenhos e dimensões apresentados no Anexo R. A coluna ou montante da esquerda ilustrada na Figura 123 e a coluna ou montante da direita mostrada na Figura 124 suportam a estrutura e é nelas que estão as rodas para o movimento de translação horizontal através de carris. As colunas ou montantes também servem para passagem de cabos elétricos e tubagem.

I	II
 <p data-bbox="272 748 756 824">Figura 123 - Suporte de apoio coluna da esquerda.</p>	 <p data-bbox="831 748 1315 824">Figura 124 - Suporte de apoio coluna da direita.</p>
Material: Aço S275	Material: Aço S275
Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Soldadura Mig/Mag • Furos (Plasma) • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Soldadura Mig/Mag • Furos (Plasma) • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem
Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões
Quantidade: 1	Quantidade: 1


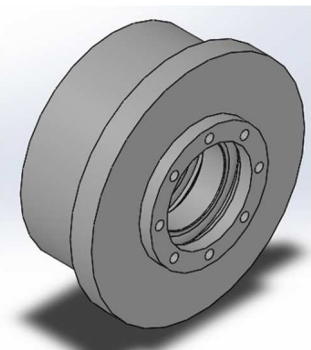
Na Figura 123 utilizou-se a soldadura Mig/Mag onde se fez um exemplo de dimensionamento da soldadura Mig/Mag na Figura 118. Um dos processos utilizados na Figura 124 foi o processo de corte por plasma [84]. O tratamento por decapagem e metalização é importante para obtenção de quase todos os conjuntos e peças como a Figura 124. Isto permite ter uma espessura de proteção para não ganhar ferrugem (proteção) e melhor acabamento.

O tubo da Figura 125 a ligação dos 2 montantes do robot, dando para passar cabos elétricos de um lado para o outro das extremidades importantes para a rotação da estrutura. Serve também como reforço em termos mecânicos para estabilizar a união do robot.

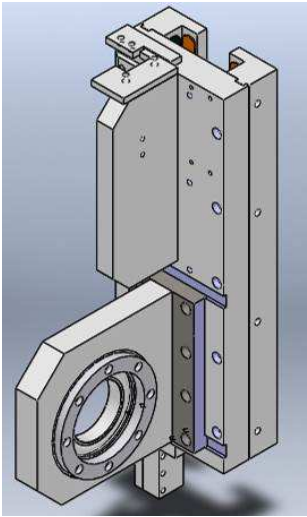
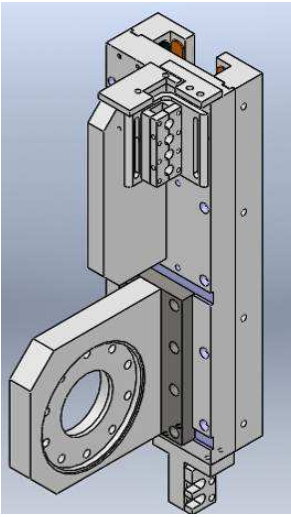
III	IV
 <p>Figura 125 - Estrutura composta de ligação (Cabos elétricos).</p>	 <p>Figura 126 - Estrutura composta rotação.</p>
Material: S275	Material: S275
Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Soldadura Mig/Mag • Furos (Plasma) • Maquinação: Fresagem • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Soldadura Mig/Mag • Furos (Plasma) • Maquinação: Fresagem • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem
Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões
Quantidade: 1	Quantidade: 1

Na Figura 125 efetuou-se uma fresagem nas chapas para garantir o paralelismo. O processo de fabrico fresagem consiste em desbastar ou cortar peças de metal uma das principais características da fresadora. A viga de movimentação permite a rotação das ventosas (Figura 126), nela são aplicadas as chapas para as ventosas (Figura 127). Na Figura 126 um dos processos de fabrico utilizado foi a pintura, permitindo ter uma máquina esteticamente perfeita. Com a pintura tem-se mais uma película de proteção. A pintura é feita normalmente por pistola (ar comprimido) depois de terminada a pintura deixa-se o material na estufa a secar, este processo de fabrico é moroso.


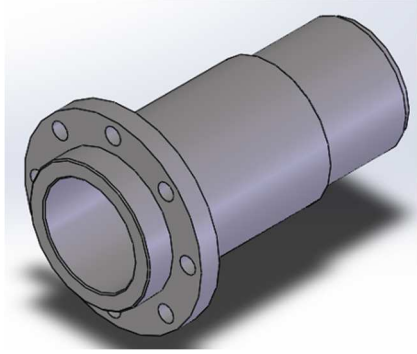
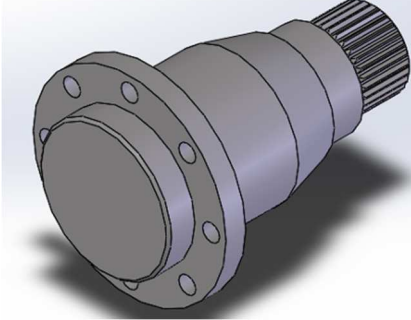
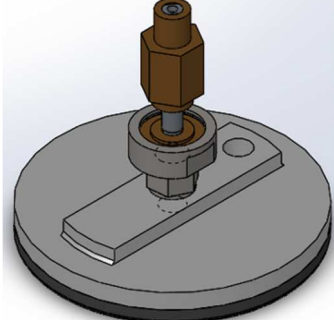
A chapa de 8 mm de espessura que se apresenta na Figura 127 serve de suporte para estrutura composta de acessórios para a montagem das ventosas. Na Figura 128 é ilustrada a roda necessária para a movimentação da estrutura sobre os carris. Dentro da roda tem dois rolamentos e um separador, esta roda é feita com os seguintes processos (Figura 128).

V	VI
	
<p>Figura 127 - Chapa Para Fixação De Ventosas</p>	<p>Figura 128 - Roda Tração Carro</p>
<p>Material: Aço S235 ou S275</p>	<p>Material: Aço S275</p>
<p>Processo de fabrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte Laser ou Jato de Agua • Quinagem • Furos • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem 	<p>Processo de fabrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Montagem
<p>Consultar: Anexo R</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões 	<p>Consultar: Anexo R</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista de material e dimensões
<p>Quantidade: 7</p>	<p>Quantidade: 4</p>

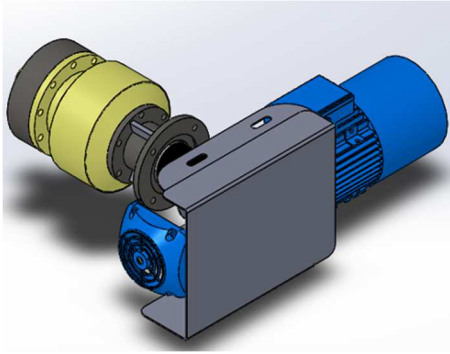
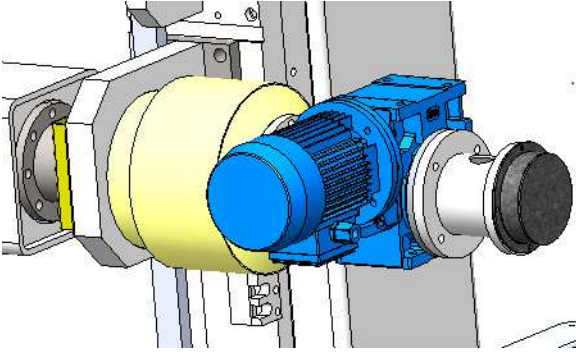
A Figura - 129 e Figura 130 mostra os patins que fazem o guiamento das ventosas em movimento de translação na vertical, permitindo a rotação das ventosas. A zincagem foi utilizada nas peças da Figura - 129 e Figura 130 sendo um processo mais antigo e mais utilizado na proteção de objetos feitos de ferro ou de aço.

VII	VIII
 <p data-bbox="292 790 735 819">Figura - 129 Carro Vertical Esquerda</p>	 <p data-bbox="874 790 1318 819">Figura 130 - Carro Vertical Direita</p>
Material: Aço S275, Nylon	Material: Aço S275, Nylon
Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Corte Jato de Agua ou Corte de Laser • Maquinação: Torno e Fresagem • Soldadura Mig/Mag • Furos • Tratamento: Decapagem e Metalização • Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Corte Jato de Agua ou Corte de Laser • Maquinação: Torno e Fresagem • Soldadura Mig/Mag • Furos • Tratamento: Decapagem e Metalização • Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem
Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões


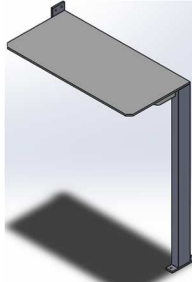
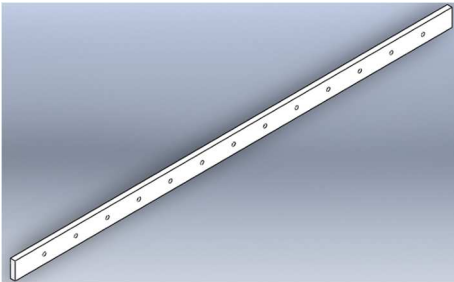
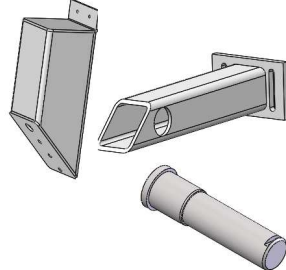
O veio de transmissão de movimento da Figura 131 efetua a movimentação da estrutura o veio foi feito pelos processos de fabrico descritos na Figura 131 [91]. Na Figura 132 e Figura 133 são ilustradas as peças que se ligam ao tubo quadrangular de rotação, com a respetiva descrição do processo de fabrico [92]. A peça Figura 133 faz de ligação com o moto-reductor devido a sua matriz ou forma.

IX	X
	
<p>Figura 131 - Veio Sincronismo Eixo Vertical</p>	<p>Figura 132 - Flange Do Tubo Redutor</p>
<p>Material: Aço S275</p>	<p>Material: Aço FR3.</p>
<p>Processo de fabrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Maquinação: Torno • Soldadura por pontos e Mig/Mag • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem 	<p>Processo de fabrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Maquinação: Torno • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem
<p>Consultar: Anexo R</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	<p>Consultar: Anexo R</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões
XI	XII
	
<p>Figura 133 - Flange Tubo Redutor Com Matriz</p>	<p>Figura 134 - Estrutura Composta Montagem Ventosa</p>
<p>Material: Aço FR3</p>	<p>Material: Aço S275, AISI 304 e Latão</p>
<p>Processo de fabrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Maquinação: Torno • Tratamento: Decapagem e Metalização • Pintura: Cinza • Montagem 	<p>Processo de fabrico:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno, CNC (Torno e Fresagem) • Montagem
<p>Consultar: Anexo R</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões 	<p>Consultar: Anexo R</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lista de material e dimensões
<p>Quantidade: 1</p>	<p>Quantidade: 28</p>

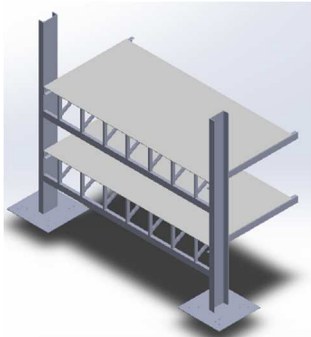
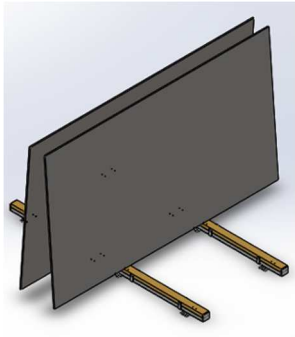
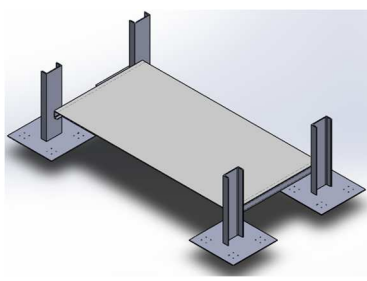
Na Figura 134 descreve-se os vários processos de fabrico do acessório de ligação da ventosa à chapa de 8 mm. Na Figura 135 e Figura 136 tem-se o moto-reductor que faz o acionamento da elevação e da rotação. Descreve-se os processos de fabrico das peças agregadas aos moto-redutores.

XIII	XIV
 <p data-bbox="252 860 735 891">Figura 135 - Montagem Motor Elevação</p>	 <p data-bbox="834 860 1310 891">Figura 136 - Montagem Motor Rotação</p>
<p data-bbox="229 916 754 981">Material: Aço S275,Aço Inox AISI 304, Liga de Alumínio.</p>	<p data-bbox="780 916 1364 981">Material: Aço S275,Aço Inox AISI 304, Liga de Alumínio.</p>
<p data-bbox="229 992 472 1023">Processo de fabrico:</p> <ul data-bbox="280 1025 754 1402" style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Quinagem • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem 	<p data-bbox="780 992 1023 1023">Processo de fabrico:</p> <ul data-bbox="831 1025 1364 1375" style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Quinagem • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem
<p data-bbox="229 1417 469 1449">Consultar: Anexo R</p> <ul data-bbox="280 1451 651 1482" style="list-style-type: none"> • Lista de peças e dimensões 	<p data-bbox="780 1417 1019 1449">Consultar: Anexo R</p> <ul data-bbox="831 1451 1201 1482" style="list-style-type: none"> • Lista de peças e dimensões
<p data-bbox="229 1494 395 1525">Quantidade: 1</p>	<p data-bbox="780 1494 946 1525">Quantidade: 1</p>

A base para segurar a esteira onde passam os tubos elétricos é mostrada na Figura 137. Na Figura 138 visualiza-se a base para suportar a bomba de vácuo tendo a seguinte sequencia dos processos de fabrico. Para a barra calibrada que serve de guiamento para os patins movimento de translação vertical (Figura 139) foram descritos os processos de fabrico. As restantes peças do robot (Figura 140) podem ser visualizadas no Anexo R e os processos de fabrico são os seguintes:

XV	XVI
 <p data-bbox="287 560 742 593">Figura 137 - Base Aço Suporte Esteira</p>	 <p data-bbox="869 560 1324 593">Figura 138 - Suporte Bomba de Vácuo</p>
Material: Aço S275	Material: Aço S275
Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem
Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões
Quantidade: 1	Quantidade: 1
XVII	XVIII
 <p data-bbox="319 1388 710 1422">Figura 139 - Barra Guia Vertical</p>	 <p data-bbox="925 1400 1268 1433">Figura 140 - Restantes Peças</p>
Material: Aço S235 ou S275 (Calibrado)	Material: S275,AISI 304
Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Furação Manual ou Maquinação Fresadora • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Quinagem • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem
Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Dimensões
Quantidade: 2	Quantidade: 1

Na Figura 141 mostra-se um exemplo de estrutura para suportar as chapas. Na Figura 142 mostra-se outro modelo para suportar as chapas com melhor apoio para as chapas. Na estrutura 3 último modelo para suportar as chapas com a respectiva sequência de fabrico (Figura 143).

XIX	XX	XXI
		
Figura 141 - Estrutura 1	Figura 142 - Cavalete Duplo	Figura 143 - Estrutura 3
Material: Aço S275	Material: Aço S275,AISI 304 e Barrotes de Madeira	Material: Aço S275
Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Quinagem • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Quinagem • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem 	Processo de fabrico: <ul style="list-style-type: none"> • Corte Serrote • Quinagem • Corte Laser ou Jato de Agua • Maquinação: Torno Convencional e Fresagem, CNC (Torno e Fresagem) • Soldadura Mig-Mag • Tratamento: Decapagem, Metalização e Zincagem • Pintura: Cinza • Montagem
Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões 	Consultar: Anexo R <ul style="list-style-type: none"> • Lista de corte e dimensões
Quantidade: 1	Quantidade: 1	Quantidade: 1

3.4.7 Análise de custos

Na análise de custos do material que era necessário para o robot foi feita uma estimativa do custo material da máquina. Refere-se que não se afetaram as horas de trabalho ao valor final. Na Tabela 15 apresentam-se os preços estimados da maquinação das peças de soldadura MIG/MAG, decapagem e metalização, faltando o valor da pintura. Estimou-se o valor do sistema de segurança do robot, prumos, vedações e abraçadeiras. Estes valores são aproximadamente o que se estipula no mercado.

Tabela 15 – Tabela de preços.

Artigo	Qt:	Preço [unit]	Total [euros]
Maquinação			
Barra Flange Redutores Motor Elev Caixa	1	25	25
Barra Flange Fix Encoder	1	25	25
Barra Flange Encoder Rot	1	23	23
Flange Redutores Elev	1	100	100
Flange Composta Aco Carro Vertical Encoder Rot	1	85	85
Flange Tubo Redutor	1	110	110
Flange Tubo Redutor Esquerdo	1	129	129
Ø101,6 esp=3,25 mm L=84 mm	1	23	23
Ø101,6 esp=3,25 mm L=62 mm	1	23	23
Restantes Peças	1	500	500
Ø70 esp=11,5 mm L=50 mm Anel fix pinhao inf elevacao	6	10	60
Fixacao Pinhao roda traccao	4	17	68
Anel Øext=80 mm Øint=71 mm Esp=5,5 mm	2	8	16
Veio fix roda carro	4	28	112
Roda traccao carro	4	35	140
Veio fix pinhao elev inf	2	30	60
Barra Laterais Carro Vertical	4	130	520
Cantoneira Esticador Corrente	2	55	110
Esquadro Fixacao Corrente	2	70	140
Base_carroV	2	220	440
Veio fix pinhao elev frt	4	30	120
Anel Øext=80 mm Øint=70 mm Esp=9 mm	4	8	32
Guiamento Rotula Ventosa	30	10	300
Batente_rotula	30	7	210
Fixação rotula	30	10	300
Eixo Rotula Ventosa	30	10	300
Acoplamento	2	38	76
SuporteApoio Aco Coluna Esquerda	1	450	450
SuporteApoio Aco Coluna Direita	1	450	450
Est Composta Aco Ligacao	1	745	745
Est Composta Tubo Elevacao Rot	1	789	789
Veio Sincronismo Eixo Vertical	1	488	488
Material Ertatlon Patins e Nylon Suporte			

Patins	4	30	120
Patins	4	30	120
Suporte	4	30	120
Kit Completo			
Acessorios de Transmissão		1130	1130
Acessorios de Vácuo			
Bomba	1	1975	1975
Ventosas	30	43	1290
Válvulas de Detecção	30	16	480
Material			0
Matéria Prima		1900	1900
Material Pneumático			
Acessórios		1645	1645
Redes + Prumos + abraçadeiras			
Segurança		2250	2250
Quinagem			
Chapas ventosas	21	3	65
Decapagem+Metalização		400	400
Material Eléctrico			3900
Material Pneumático			800
		Custo Total S/Iva	23164 €

Este valor pode-se dizer que está baixo podendo subir para os 30000€, com o iva de 23 % poderia subir ainda mais para os 36900€. Está um preço acessível, visto que vai rentabilizar tempo no transporte de chapas de uma forma mais rápida, podendo trabalhar com segurança e com maior rapidez do processo de fabrico.

3.4.8 Sistema de controlo do robot

Neste item aborda-se o processo de desenvolvimento de um sistema de controlo do robot que permita a movimentação de peças. Durante este processo, os movimentos do robot são controlados através de um operador. O princípio de funcionamento do sistema é o seguinte: o robot pode ter 3 movimentos, translação, rotação e elevação. O robot pára através do botão de emergência, ou com os sensores de presença de obstáculo e com os sensores de fim de curso. O sistema de controlo robot foi modelado com recurso ao Método de GRAFCET (MG - representação gráfica utilizada na automatização de sistemas sequenciais) quer para os movimentos, paragem de emergência e vácuo. Na Tabela 16 mostram-se todos os códigos utilizados no MG e a função de cada um [93, 94].

Tabela 16 – Codificação da simbologia MG.

Código	Função
LVD	Luz verde
LAM	Luz amarela
LVM	Luz vermelha
D	Roda para direita
E	Roda para esquerda
M1D	Motor 1 para direita
M1E	Motor 1 para esquerda
PCSD	Paragem com sensor direita
PCSE	Paragem com sensor esquerda
AC	Ativação do sistema
DA	Desativação do sistema
SS	Sensor de sucção
SH	Sinal horário
SA	Sinal anti-horário
M3H	Motor 3 horário
M3A	Motor 3 anti-horário
PCSH	Parar com sensor horário
PCSA	Parar com sensor anti-horário
SE	Subida do elevador
DE	Descida do elevador
LCS	Limite de controlo superior

LCD	Limite de controlo inferior
M2S	Motor 2 para cima
M2D	Motor 2 para baixo
EG	Emergência
SP	Sensor de presença
AS	Ativação da sucção
DS	Desativação da sucção
BV	Bomba de vácuo

Para o controlo do sistema de acionamento de translação desenvolveu-se o seguinte MG:

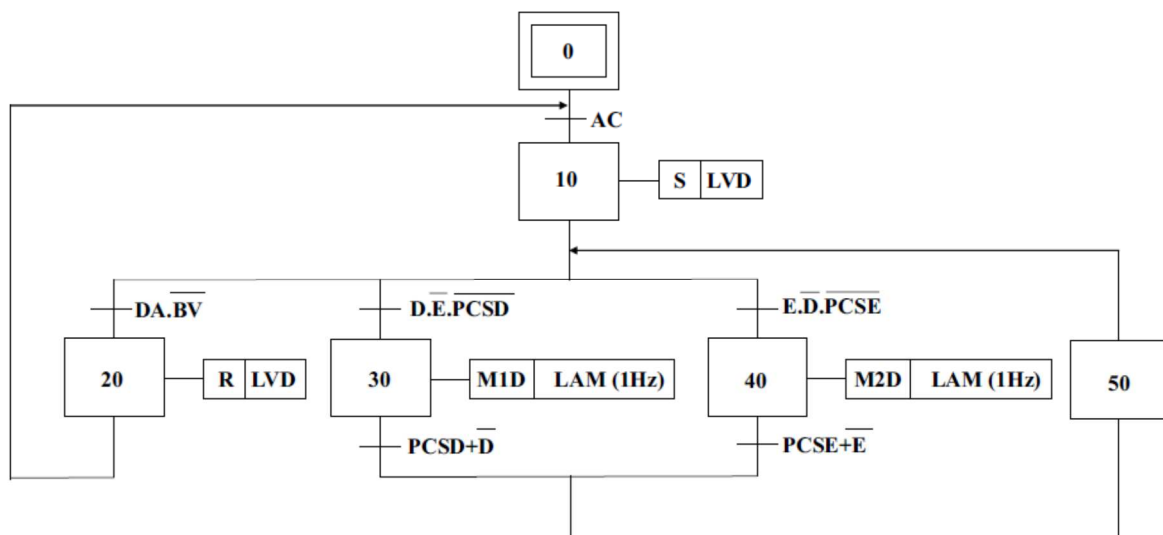


Figura 144 – MG translação.

A etapa 0 é usada para a ativação do GRAFCET pelo que o robot se encontra parado. A partir do momento que o botão de acionamento (AC) é acionado o sistema encontra-se ativo e em modo de espera, sinalizando esta fase com uma luz verde, etapa 10. Após o acionamento o operador dispõe de 3 hipóteses de trabalho, como se mostra na Figura 144. O “S” set significa que a luz está ligada até surgir uma ordem em contrário. Quando a ordem de reset “R” é executada a luz desativa-se, o sistema também desativa-se. Notar que o sistema só pode ser desativado quando não existir uma peça suspensa pelas ventosas (transição 10/20) assim, se estas condições se verificarem. A etapa 20 faz o “R” à luz verde (LVD) desativando também o sistema. A segunda hipótese de trabalho consiste na movimentação do robot para a direita, etapa 30, parando com o sensor direito (PCSD). A luz amarela (LAM) pisca com uma frequência de 1 Hz ao longo de todo o movimento. Por último, o operador pode

movimentar o robot para a esquerda. O motor roda para a esquerda (M1E) na etapa 40, posteriormente é desativado através do sensor esquerda (PCSE) acendendo a luz amarela (LAM) que pisca com uma frequência de 1 Hz ao longo de todo o movimento. A luz verde permanece ativa durante todo o ciclo enquanto a luz amarela pisca sempre que a máquina se encontra em movimento.

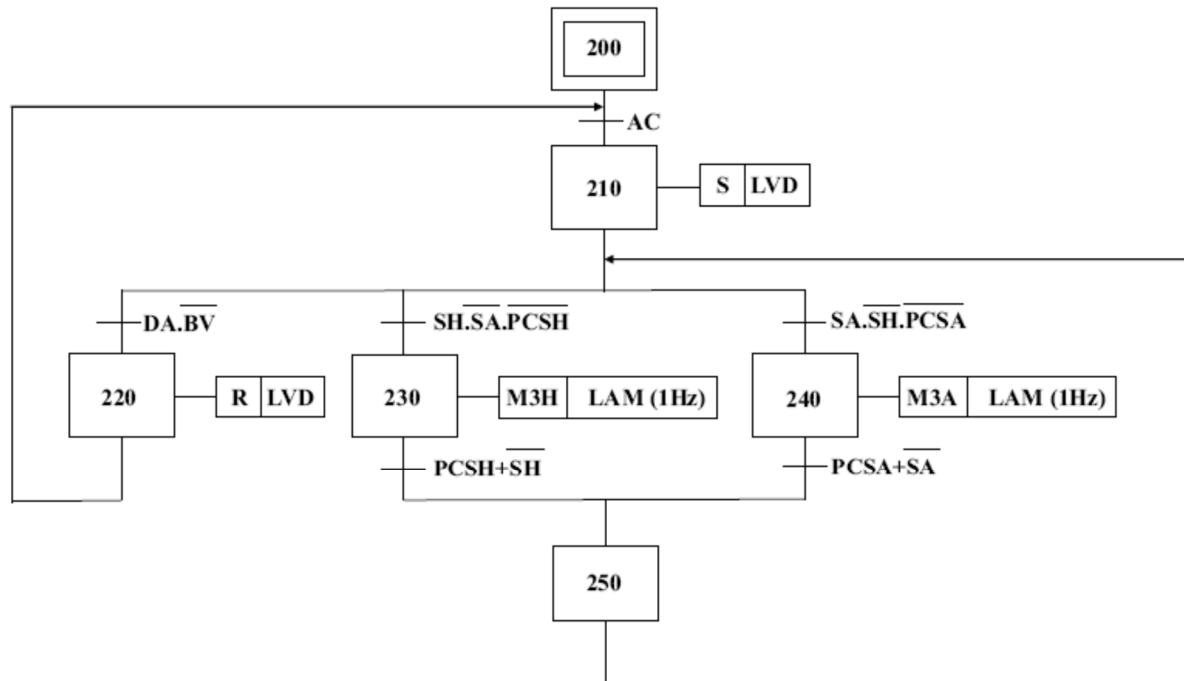


Figura 145 – MG rotação.

Na Figura 145apresenta-se o GRAFCET do acionamento da rotação do robot. Este também é acionado pelo operador por pressão da botoneira correspondente. Na etapa 210 é ativada a luz verde, ficando a máquina em modo de espera. Uma das possibilidades é desativar o sistema (condições iguais às definidas anteriormente), fazendo o *reset* da luz verde. Na segunda hipótese o sentido da viga central das ventosas é movida no sentido horário, etapa 230 este movimento só acaba quando for induzido a paragem com o sensor horizontal (SH). Na terceira hipótese o motor roda no sentido oposto, neste caso o sentido anti-horário, etapa 240. A luz amarela acende-se e pisca, sempre que haja movimento, com frequência de 1Hz.

Na Figura 146 descreve-se o GRAFCET do acionamento de elevação. O princípio de funcionamento é em tudo igual ao descrito nos procedimentos anteriores. Na segunda hipótese a viga central com as ventosas sobe por ação do motor 2, parando o movimento quando ativar o sensor de limite de controlo superior. Na terceira ordem a viga central com as ventosas desce, etapa 140 esta ação para quando detetar sensor de limite inferior. Na hipótese dois e três volta-se para o ponto de decisão do movimento cima ou baixo.

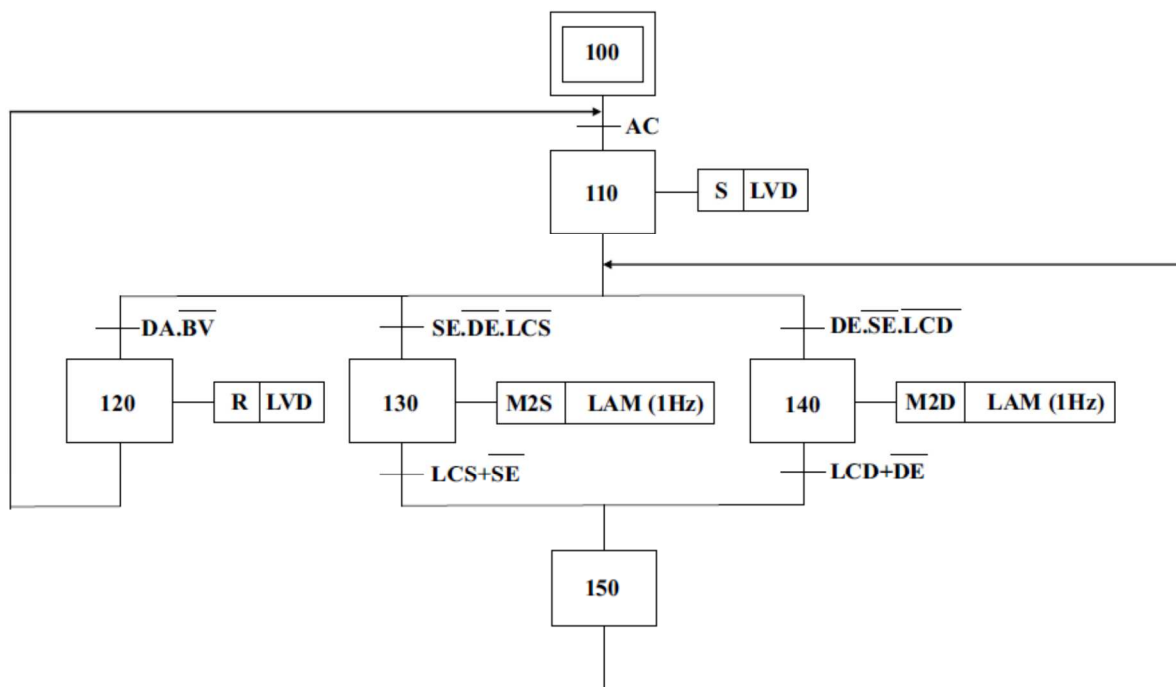


Figura 146 – MG elevação.

A paragem de emergência do sistema está representada na Figura 147. O GRAFCET inicia-se na etapa 300 que, por ação do com sinal de emergência (SE) desativa os motores (sinal para o relé de proteção), sinaliza a paragem com a luz vermelha (LVM) e com a luz amarela intermitente, etapa 310. Quando é detetado o sinal do sensor de presença (obstáculo no trajeto do robot) a luz amarela fica fixa, voltando às condições iniciais após a remoção do obstáculo.

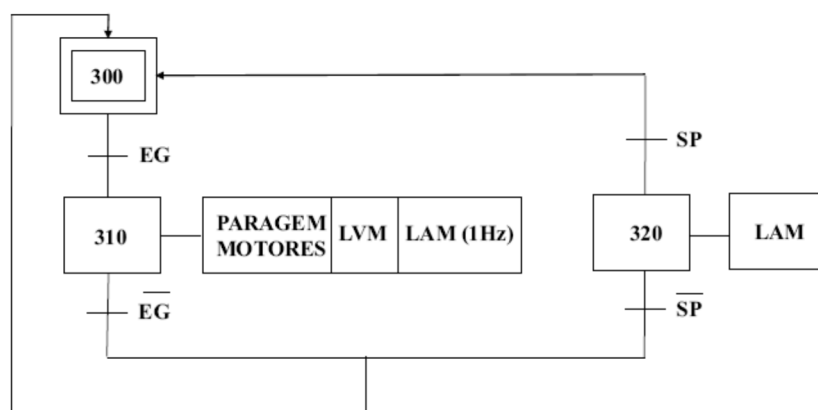


Figura 147 – MG emergência.

Na Figura 148 do apresenta-se o GRAFCET do sistema de sucção. A etapa 410 ativa a bomba de vácuo com *set* devido a detecção de chapa (SS) e por ação da botoneira associada à ativação da bomba (AS). As chapas só poderão ser libertadas por cima da máquina quando o robô se encontrar no limite direito do movimento de translação (PCSD) e por ação da botoneira DS.

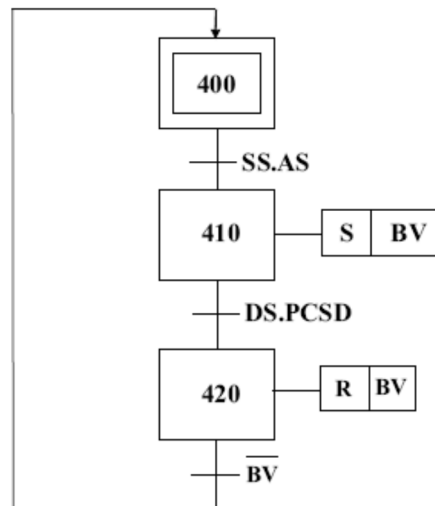









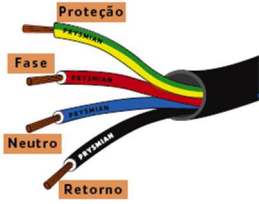







Figura 148 – MG sucção.

Após a descrição do funcionamento do sistema de controlo do robot de alimentação e da representação gráfica do mesmo indica-se o material necessário para a montagem do quadro elétrico (QE), das ventosas e dos motores, entre outros conforme a Tabela 17.

Tabela 17 – Imagens dos item(s) elétricos

Nº Item	Item	Qtd.	Imagens
1	Autómato Siemens Simatic S7 200 – CPU 226	1	
2	Ventosas com sensor de posicionamento	28	

3	Sensor de posição de 180°	2	
4	Sensor de posição mecânico	2	
5	Sensor de posição	1	
6	Sensor de limite controlo superior e inferior	4	
7	Electroválvulas monoestáveis	2	
8	Botoneiras	4	
9	Torre de sinalização (verde, amarelo,vermelho)	1	

10	Fios condutores	-	
11	Tubagem pneumática	-	
12	Motores SEW	3	
13	Variadores	2	
14	Relé de emergência	1	
15	Bomba de vácuo	1	
16	Encoder	2	
17	Fonte de alimentação Siemens 24V e de 5A	1	

A aparelhagem vai estar disposta no quadro elétrico conforme a Figura 149:

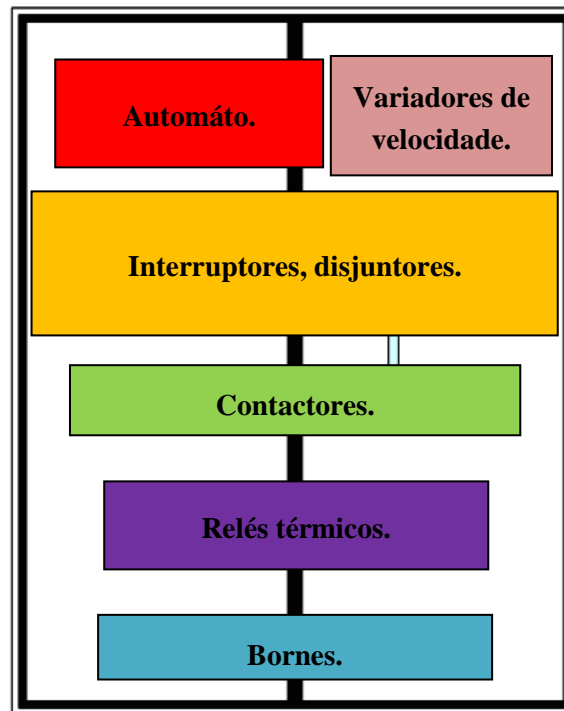


Figura 149 – Esquema do quadro elétrico do robot [94].

Para a elaboração do MG para o robot foram analisados vários fatores, como a simplicidade, eficiência e possível má utilização do sistema de modo a zelar pelo bom funcionamento do sistema. Assim realizou-se o MG de forma a obter um circuito automatizado, sendo necessário apenas um operador para dar início ao processo. O operador pode escolher três movimentos: translação, rotação e elevação, podendo na rotação ligar e desligar a sucção das ventosas, deste modo pode-se a qualquer momento carregar no botão de emergência e parar o robot em qualquer instante, é de notar que a luz da segurança correspondente as cores verde e amarela. Tratando-se de uma solução automatizada e cuja possível paragem acarreta custos elevados, tem de se ter especial atenção na área de manutenção do robot, aos motores sendo lubrificados, relativamente as ventosas certificar que estão bem fixas ao tubo quadrangular, entre outros. Quando se ativa o robot a sua sinalização é luz verde, enquanto se tiver parado tem luz vermelha.

4 Conclusões

Neste trabalho fez-se o dimensionamento de um robot que movimenta chapa sobre carris, tendo por base o EC3-P1.8 e o MEF. Fixadas as dimensões e os requisitos a cumprir, e o valor da carga a movimentar pelo robot, foram realizados vários testes na posição crítica e analisados os resultados. Em função dos resultados obtidos, foi possível analisar e providenciar otimizações à estrutura inicial. O *software Solidworks* deu a possibilidade de projetar e verificar como se comporta a estrutura sujeita às solicitações impostas. Foi utilizado o *Multiframe* para obter os valores dos diagramas de esforços da estrutura mecânica, que foram usados. Para dimensionar as ligações aparafusadas e soldadas pelo EC3 P1.8. O sistema de acionamento escolhido foi o elétrico para a movimentação da estrutura translação, rotação e elevação. Foi selecionado pelo catálogo da SCHMALZ o acionamento pneumático para o sistema de fixação das chapas, com ventosas alimentadas por bomba de vácuo. Relativamente aos moto-redutores, estes foram selecionados e dimensionados com o catálogo da SEW. Dimensionou-se para a translação, rotação e elevação. Verificou-se como se dimensiona as correntes, rolamentos e carretos. Muitas das questões analisadas no dimensionamento do robot são aplicáveis nos dias de hoje nas estruturas metálicas, pois os requisitos de funcionamento são pedidos pelos clientes que cada vez mais exigem qualidade nos seus produtos. Estes softwares de simulação foram usados para testar a estrutura e verificar onde se pode reforçar ou reduzir o material. O projeto da estrutura e sistema de movimentação robotizado de linha automática de corte de chapa fica concluído com os desenhos de definição 2D. Utilizou-se processos de fabrico comuns em estruturas metálicas, como o corte, maquinação, soldadura e os de fase de acabamento, metalização, zincagem e pintura.

Como sugestões de trabalhos futuros, apontam-se as seguintes:

- Para aumentar a cadência de produção do robô, pode-se equacionar a automatização da construção desta máquina pela utilização de matrizes para o corte por plasma e moldes para as peças de maquinação;

- As rodas em aço para deslocamento linear do robô sobre carris podem ser fabricadas em peça única por fundição;
- Modificação dos carris para realização de movimentos em chão de fábrica mais complexos do que a movimentação retilínea, para adaptação a um maior número de aplicações;
- Desenvolver um sistema de fixação do material diferente que evite o sistema de vácuo;
- Testar novos materiais para diminuição do peso da estrutura.
- Desenvolveu-se o MG dos movimentos translação, rotação e elevação.
- O robot pode ser mais autónomo, tendo um sistema semiautomático

Referências Documentais

1. J. Norberto Pires, Robótica, Revista técnico – científica, robótica.pt automação controlo e instrumentação, Coimbra, 2013.
2. Ohno, Taiichi, O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala, Bookman, Porto Alegre, 1997. ISBN 0915299143.
3. Bowersox, Donald J.; CLOSS, David J. - Logistical management: the integrated supply chain process. Singapura: McGraw-Hill, 1998. ISBN 978-0-07-114070-6.
4. Machado, Virgílio A. P. - Movimentação de materiais: equipamentos de movimentação de materiais [Em linha]. São Francisco: Blogger, 2006.
5. <http://www.epl-si.com> (Consultado dia 17 de Janeiro de 2013).
6. Fu, K. S., Gonzalez, R. C., Lee, C. S. G., Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence, McGraw-Hill, 1987.
7. Sciavicco, Lorenz and Siciliano, Bruno, Modeling and Control of Robot Manipulators, Springer Verlag, 2000.
8. Groover, M. P.; Weiss, M., Nagel, R; Odrey, N.G., Industrial Robotics - Technology, Programming and Applications, McGraw-Hill, 1986.
9. <http://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-360> (Consultado dia 12 de Janeiro de 2013).
10. Nocks, O robot história de vida de uma tecnologia. Westport, CT: Greenwood Publishing Group, Lisa (2007).
11. Nassar, Wilson Roberto. Máquinas de Elevação e Transportes. Universidade Santa Cecília, Santos, 2013.
12. Tamasauskas, Arthur. Metodologia do Projeto Básico de Equipamento de Manuseio e Transporte de Cargas - Ponte Rolante - aplicação Não-Siderúrgica. 2000. Mestrado em Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
13. <http://www.vhntech.com/equipamentos> (Consultado dia 17 de Janeiro de 2013).
14. <http://www.bosch-professional.com/pt/pt/produtos/sistemas-de-transporte/sistemas-de-transporte.html> (Consultado dia 18 de Janeiro de 2013).
15. <http://www.flexlink.com/bp/> (Consultado dia 17 de Janeiro de 2013).
16. www.fluidotronica.com/ (Consultado dia 22 de Janeiro de 2013).
17. <http://www.stadlerscorp.com/index.php?action=productsdetails&mprodid=13> (Consultado dia 19 de Janeiro de 2013).
18. <http://www.simec.it/PORTAL.php> (Consultado dia 12 de Janeiro de 2013).

18. <http://www.simec.it/RAPID.php> (Consultado dia 19 de Janeiro de 2013).
19. http://www.mastermover.pt/solucoes_para_a_aplicacao/comercio-retalhista-e-a-logistica#.UcCsy6FdY6s (Consultado dia 19 de Janeiro de 2013).
20. <http://guarulhos.olx.com.br/palleteiras-iiid-161251658> (Consultado dia 19 de Janeiro de 2013).
21. <http://www.epempilhadeiras.com.br/> (Consultado dia 20 de Janeiro de 2013).
22. <http://www.classiwebgratis.com.br/69/34519/guindaste-e-guindauto.html> (Consultado dia 21 de Janeiro de 2013).
23. <http://www.hotfrog.com.br/Empresas/HGS-M-QUINAS-E-EQUIPAMENTOS-INDUSTRIAIS-LTDA/Plataforma-Elevadora-183024> (Consultado dia 21 de Janeiro de 2013).
24. Arthur Ferreira dos Santos 3ª Edição, Construções Metálicas, Projeto e detalhes para fabricação, McGraw-Hill.
25. <http://www.agroserrana.com.br/site/produtos/estruturas-metalicas/porticos-metalicos-para-aviarios/> (Consultado dia 23 de Janeiro de 2013).
26. <http://www.metallica.com.br/trelicas-tridimensionais> (Consultado dia 23 de Janeiro de 2013).
27. <http://www.metallica.com.br/estrutura-espacial-em-tubos-de-aco> (Consultado dia 23 de Janeiro de 2013).
28. <http://www.jbtc-agv.com/en/Solutions/Products/Forked-Automatic-Guided-Vehicles-AGVs> (Consultado dia 22 de Janeiro de 2013).
29. Carlos Félix e Carlos Gomes, Mestrado Construções Mecânicas, 2º Ano Construções metálicas Apontamentos.
30. A.J. Reis, Instituto Superior Técnico DECivil Secção de Estruturas e Construção, T. Abecassis.
31. EN 1993-1-8 Projecto das Ligações (versão portuguesa NP EN 1993-1-8).
32. Lucas Filipe Martins da Silva, António Gonçalves Magalhães, Marcelo Francisco S.F. Moura, Juntas Adesivas Estruturais, Publindústria 2010.
33. Robert L. Norton, Projeto de Máquinas: Uma Abordagem, 2010.
34. <http://www.metallaje.com.br/portugues/produto/utilizacao.htm> (Consultado dia 24 de Janeiro de 2013).
35. <http://www.mktesportivo.com/2012/10/proprietario-do-lille-ameaca-deixar-a-equipe-por-naming-right/> (Consultado dia 24 de Janeiro de 2013).
36. João Guerra Martins, EC3 (Versão 1993) – Ligações, Séries de estruturas, 2ª edição de 2011.
37. Klaus-Jürgen Bathe, Finite element procedures, Prentice Hall – 1996.
38. Rogério A. F. Martins, Métodos energéticos em análise estrutural, Departamento De Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto.
39. Rogério A. F. Martins, Introdução ao método dos elementos finitos aplicado ao cálculo de estruturas, Departamento De Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto.

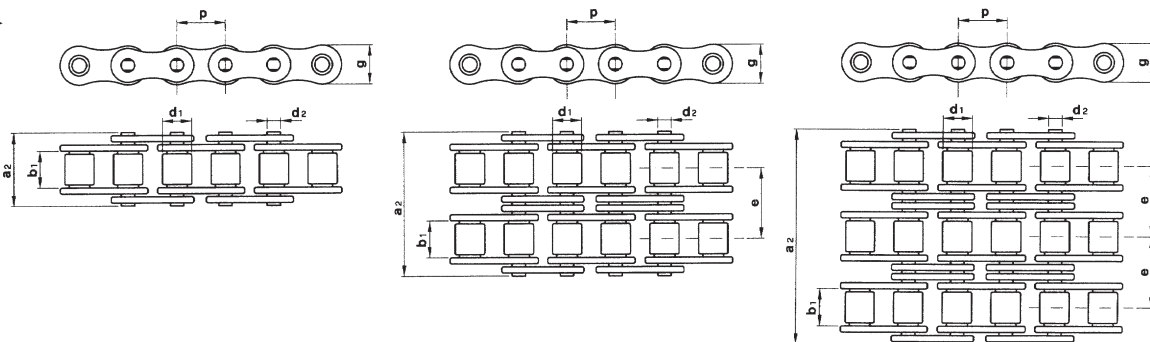
40. Larry J. Segerlind, Applied finite element analysis, John Willey & Sons, Inc. – 1984.
41. S. Graham Kelly, Fundamentals of mechanical vibrations, Mcgraw-Hill – 1993.
42. Leonard Meirovitch, Elements of vibration analysis, Mcgraw-hill – 1986.
43. Alex Pentland, Jonh Williams, Perception Of Non-Rigid Motion Inference Of Shape, Material and Force, M.I.T. Media Laboratory - Technical Report N° 113, 1989.
44. Alex Pentland, John Williams, Good vibrations: modal dynamics for graphics and animation, Mit media laboratory - Technical Report N° 115, 1989.
45. Erwin Keeve, Sabine Girod, Bernd Girod, Craniofacial surgery simulation, visualization in biomedical computing, 4th international conference, vbc'96, Hamburg, Germany - September 1996, Springer.
46. Stephen. P. Timoshenko, J. N. Goodier, Theory Of Elasticity, Mcgraw-Hill – 1970.
47. Stephen. P. Timoshenko, James E. Gere, Mecânica Dos Sólidos - vol. I e II, Livros Técnicos e Científicos editora – 1982.
48. Raul Campilho, Método de Elementos Finitos, Publindústria 2012.
49. <http://www.solidworks.com/> (Consultado dia 25 de Fevereiro de 2013).
50. <http://www.autodesk.pt/products/autodesk-inventor-family/overview> (Consultado dia 25 de Fevereiro de 2013).
51. http://es.ptc.com/WCMS/files/128462/es/6614_Creo_Elements-Finite_Elements_DS_ES.pdf (Consultado dia 25 de Fevereiro de 2013).
52. <http://www.geomagic.com/pt/> (Consultado dia 04 de Março de 2013).
53. <http://www.3ds.com/pt-br/produtos-e-servicos/> (Consultado dia 04 de Março de 2013).
54. David V. Hutton, Fundamentals of Finite Element Analysis, 1st Editon, McGraw – Hill Mechanical Engineering, 2004.
55. <http://sca.es/index.php/pt/creo-simul> (Consultado dia 25 de Fevereiro de 2013).
56. http://help.solidworks.com/2011/portuguese-brazilian/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Fundamentals/Basic_Concepts_of_Analysis.htm?format=P (Consultado dia 23 de Fevereiro de 2013).
57. http://www.micrograf.pt/MCAD/inventor/features_simulation.asp (Consultado dia 23 de Fevereiro de 2013).
58. http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715241-An%E1lisis%20y%20dise%C3%B1o%20de%20piezas%20de%20m%E1quinas%20con%20CATIA%20V5/descargar_primer_capitulo.pdf (Consultado dia 25 de Fevereiro de 2013).
59. <http://www.geomagic.com/en/community/case-studies/british-team-uses-geomagic-3d-reverse-engineering-to-streamline-/> (Consultado dia 23 de Fevereiro de 2013).
60. <http://www.e-pipe.co.kr/eng/DIN/17177.htm> (Consultado dia 11 de Março de 2013).
61. http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2012/Ivan_Cezar_Borgmann.pdf (Consultado dia 17 de Março de 2013).

62. Felizardo, Ivanilza Felizardo; Bracarense, Alexandre Queiroz. Processos de Soldagem - Processos Mecanizados e Automatizados. Apostila. 2005.
63. Braga, Newton C. Como funcionam os Encoders. Mecatrônica Fácil. São Paulo, n. 50, p. 16-19 de outubro de 2009.
64. Matias, Juliano. Encoders. Mecatrônica Atual. São Paulo, n. 3, p. 36-42, Abril de 2002.
65. Moraes, Airton Almeida de Moraes. Robótica. Departamento de Meios Educacionais e Gerência de Educação, Diretoria Técnica do SENAI-SP. Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2003.
66. Ogata, Katsuhiko. Engenharia de Controle Moderno. Tradução de Prof. Bernardo Severo. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1998.
67. Ribeiro, M. Isabel. Sensores em Robótica, Enciclopédia Nova Activa Multimédia, Volume de Tecnologias, pags. 228-229. Portugal, 2004.
68. Luiza Zamarian Baise, Robótica, Coimbra, Publindústria 2013.
69. <http://www.logismarket.pt/elmeq-motor/motor/1727716075-913709344-p.html> (Consultado dia 02 de Fevereiro de 2013).
70. http://dvcg22a.blogspot.pt/2010_06_01_archive.html (Consultado dia 02 de Fevereiro de 2013).
71. <http://www.robocore.net/modules.php?name=Forums&file=viewtopic&t=2364> (Consultado dia 02 de Fevereiro de 2013).
72. Lorenzo Sciavicco, Bruno Siciliano, Modelling and Control of Robot Manipulators, McGraw-Hill, 1996.
73. Gordon M. Mair , Industrial Robotics, Prentice-Hall International, 1988.
74. Wolfram Stadler, Analytical Robotics and Mechatronics, McGraw- Hill, 1995.
75. <http://www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/SistHPContAutP3.pdf> (Consultado dia 17 de Junho de 2013).
76. Michael J. Pinches, Brian J. Callear, Power Pneumatics, Prentice-Hall International, 1997.
77. <http://www.nsk.com/products/ballbearing/deepgroove/index.html#tab4> (Consultado dia 17 de Maio de 2013).
78. http://www.sew-eurodrive.pt/download/pdf/BR_10523801.pdf (Consultado dia 11 de Março de 2013).
79. https://www.google.pt/search?q=74.%09http://www.marcombo.com/Descargas/9788426715241-An%25E1lisis%2520y%2520dise%25F1o%2520de%2520piezas%2520de%2520m%25E1quin as%2520con%2520CATIA%2520V5/descargar_primer_capitulo.pdf&ie=utf-8&oe=utf-8&rls=org.mozilla:pt-PT:official&client=firefox-a&channel=fflb&gws_rd=cr&ei=agJkUtvDL9De7Abmq4DQAw#channel=fflb&q=interpol%

- [C3%A7%C3%A3o+arachnoid+xls&rls=org.mozilla:pt-PT%3Aofficial](#). (Consultado dia 21 de Junho de 2013). (Consultado dia 22 de Junho de 2013).
80. <http://www.translatorscafe.com/cafe/units-converter/flow/calculator/liter/minute-%5BL/min%5D-to-cubic-meter-per-hour-%5Bcubic-m%5E3/h%5D/> (Consultado dia 24 de Maio de 2013).
81. http://us.schmalz.com/np/pg/produkte/ansicht?SEARCH=EVE-TR%2010%20AC&Submit=Go&art=591&searchtype=schnellsuche&hier=155-169-223-87-&content_website=1 (Consultado dia 14 de Junho de 2013).
82. http://in3.dem.ist.utl.pt/mscdesign/01tecmecc/notas4_b.pdf (Consultado dia 24 de Março de 2013).
83. <http://www.aob.pt/corte-serrote.html> (Consultado dia 03 de Abril de 2013).
84. <http://www.soldaduraecorte.com.br/corte-de-plasma/> (Consultado dia 04 de Abril de 2013).
85. <http://www.vitalianocosta.pt/31/jacto-humido.htm> (Consultado dia 07 de Abril de 2013).
86. <http://www.metalica.com.br/tipos-de-metalizacao-por-projecao> (Consultado dia 14 de Abril de 2013).
87. <http://www.s22.buratto.org/Processo.htm> (Consultado dia 17 de Abril de 2013).
88. <http://www.flowwaterjet.com/pt-PT/waterjet-technology/abrasive-waterjet.aspx> (Consultado dia 24 de Abril de 2013).
89. <http://www.adira.pt/default.aspx> (Consultado dia 27 de Abril de 2013).
90. <http://www.consultoriaeanalise.com/2010/11/galvanizacao-quente-para-pecas.html> (Consultado dia 28 de Abril de 2013).
91. <http://www.messer-cs.com/index.php?id=21420&L=1> (Consultado dia 03 de Maio de 2013).
92. <http://www.gtp.ind.br/torno%20cnc.html> (Consultado dia 13 de Maio de 2013)
93. Ferreira da Silva, Acetatos Pneumática, ISEP 2007/2008.
94. Adriano M. Almeida Santos, António J. S. Ferreira da Silva, Automação Integrada, Publindústria 2012.

Anexo A.

Correntes de Rolos – Norma Europeia



CORRENTES DE ROLOS SIMPLES - DIN 8187

ISO Nr.	p		b ₁ mm min.	d ₂ mm	d ₁ mm max.	a ₂ mm max.	g mm max.	F ₈ min. N	q kg / m ≈
	mm	polegadas							
04-1	6	-	2,80	1,85	4,00	7,4	5,00	3.000	0,12
05B-1	8	-	3,00	2,31	5,00	8,6	7,11	4.600	0,18
06B-1	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	13,5	8,26	9.100	0,41
081-1	12,7	1/2"	3,30	3,66	7,75	10,2	9,91	8.200	0,28
083-1	12,7	1/2"	4,88	4,09	7,75	12,9	10,30	12.000	0,44
084-1	12,7	1/2"	4,88	4,09	7,75	14,8	11,15	16.000	0,49
08B-1	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	17,0	11,81	18.200	0,70
10B-1	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	19,6	14,73	22.700	0,95
12B-1	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	22,7	16,13	29.500	1,25
16B-1	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	36,1	21,08	58.000	2,70
20B-1	31,75	1 1/4"	19,56	10,19	19,05	43,2	26,42	95.000	3,60
24B-1	38,1	1 1/2"	25,40	14,63	25,40	53,4	33,40	170.000	6,70
28B-1	44,45	1 3/4"	30,99	15,90	27,94	65,1	37,08	200.000	8,30
32B-1	50,8	2"	30,99	17,81	29,21	67,4	42,29	260.000	10,50
40B-1	63,5	2 1/2"	38,10	22,89	39,37	82,60	52,90	355.000	16,99

CORRENTES DE ROLOS DUPLA - DIN 8187

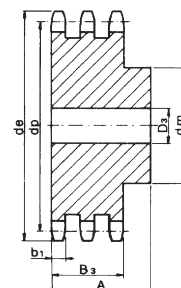
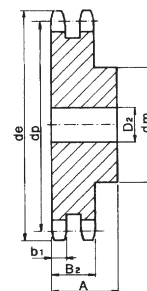
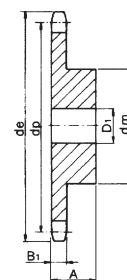
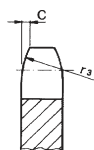
ISO Nr.	p		b ₁ mm min.	d ₂ mm	d ₁ mm max.	a ₂ mm max.	g mm max.	e mm	F ₈ min. N	q kg / m ≈
	mm	polegadas								
06B-2	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	23,8	8,26	10,24	17.300	0,78
08B-2	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	31,0	11,81	13,92	31.800	1,35
10B-2	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	36,2	14,73	16,59	45.400	1,85
12B-2	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	42,2	16,13	19,46	59.000	2,50
16B-2	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	68,0	21,08	31,88	110.000	5,40
20B-2	31,75	1 1/4"	19,56	10,19	19,05	79,7	26,42	35,45	180.000	7,20
24B-2	38,1	1 1/2"	25,40	14,63	25,40	101,8	33,40	48,36	324.000	13,50
28B-2	44,45	1 3/4"	30,99	15,90	27,94	124,7	37,08	59,56	381.000	16,60
32B-2	50,8	2"	30,99	17,81	29,21	126,0	42,99	58,55	495.000	21,00
40B-2	63,5	2 1/2"	38,10	22,89	39,37	154,0	52,90	72,29	630.000	33,61

CORRENTES DE ROLOS TRIPLA - DIN 8187

ISO Nr.	p		b ₁ mm min.	d ₂ mm	d ₁ mm max.	a ₂ mm max.	g mm max.	e mm	F ₈ min. N	q kg / m ≈
	mm	polegadas								
06B-3	9,525	3/8"	5,72	3,28	6,35	34,0	8,26	10,24	25.400	1,20
08B-3	12,7	1/2"	7,75	4,45	8,51	44,9	11,81	13,92	45.400	2,00
10B-3	15,875	5/8"	9,65	5,08	10,16	52,8	14,73	16,59	68.100	2,80
12B-3	19,05	3/4"	11,68	5,72	12,07	61,7	16,13	19,46	88.500	3,80
16B-3	25,4	1"	17,02	8,28	15,88	99,9	21,08	31,88	165.000	8,00
20B-3	31,75	1 1/4"	19,56	10,19	19,05	116,1	26,42	35,45	270.000	11,00
24B-3	38,1	1 1/2"	25,40	14,63	25,40	150,2	33,40	48,36	485.000	21,00
28B-3	44,45	1 3/4"	30,99	15,90	27,94	184,3	37,08	59,56	571.000	25,00
32B-3	50,8	2"	30,99	17,81	29,21	184,5	42,99	58,55	743.000	32,00
40B-3	63,5	2 1/2"	38,10	22,89	39,37	223,8	52,90	72,29	1.057.000	50,04

Anexo B.

Carretos	Z	de	dp	S			D			T		
				dm	D ₁	A	dm	D ₂	A	dm	D ₃	A
3/8" x 7/32" 9,525 x 5,72 mm (06B - 1 - 2 - 3) para corrente de rolo segundo DIN 8187 ISO/R 606	8	28,6	24,89	15	8	20	15	8	25	15	8	32
	9	31,5	27,85	18	8	20	18	8	25	18	8	32
	10	34,5	30,82	20	8	20	20	8	25	20	10	32
	11	37,5	33,80	22	8	25	22	10	30	22	12	35
	12	40,5	36,80	25	8	25	25	10	30	25	12	35
	13	43,5	39,80	28	10	25	28	10	30	28	12	35
	14	46,5	42,80	31	10	25	31	10	30	31	12	35
	15	49,5	45,81	34	10	25	34	10	30	34	12	35
	16	52,5	48,82	37	10	28	37	12	30	37	12	35
	17	55,5	51,83	40	10	28	40	12	30	40	12	35
	18	58,6	54,85	43	10	28	43	12	30	43	12	35
	19	61,6	57,87	45	10	28	46	12	30	46	12	35
	20	64,6	60,89	46	10	28	49	12	30	49	12	35
	21	67,6	63,91	48	12	28	52	16	30	52	16	40
	22	70,6	66,93	50	12	28	55	16	30	55	16	40
	23	73,7	69,95	52	12	28	58	16	30	58	16	40
	24	76,7	72,97	54	12	28	61	16	30	61	16	40
	25	79,7	76,00	57	12	28	64	16	30	64	16	40
	26	82,7	79,02	60	12	28	67	16	30	67	16	40
	27	85,7	82,04	60	12	28	70	16	30	70	16	40
	28	88,8	85,07	60	12	28	73	16	30	73	16	40
	29	91,8	88,09	60	12	28	76	16	30	76	16	40
	30	94,8	91,12	60	12	28	79	16	30	79	16	40
	31	97,9	94,15	65	14	30	80	16	30	80	16	40
	32	100,9	97,17	65	14	30	80	16	30	80	16	40
CARRETO mm Raio dente r ₃ 10 Largura raio C 1 Largura dente carreto B ₁ 5,3 Largura dente carreto b ₁ 5,2 Largura dente carreto B ₂ 15,4 Largura dente carreto B ₃ 25,6	33	103,9	100,20	65	14	30	80	16	30	80	16	40
	34	106,9	103,23	65	14	30	80	16	30	85	16	40
	35	110,0	106,26	65	14	30	80	16	30	85	16	40
	36	113,0	109,29	70	16	30	90	16	30	90	16	40
	37	116,0	112,32	70	16	30	90	16	30	90	16	40
	38	119,0	115,34	70	16	30	90	16	30	90	16	40
	39	122,1	118,37	70	16	30	90	16	30	90	16	40
	40	125,1	121,40	70	16	30	90	16	30	90	16	40
	41	129,0	124,43	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	42	132,1	127,46	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	43	135,1	130,49	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	44	138,1	133,52	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	45	141,1	136,54	78	16	35	88	20	50	88	20	60
	46	144,2	139,58	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	47	147,2	142,61	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	48	150,2	145,64	78	16	35	88	20	50	-	-	-
	49	153,3	148,66	78	20	35	88	20	50	88	20	60
	50	156,3	151,69	78	20	35	88	20	50	88	20	60
	51	159,3	154,72	78	20	35	88	20	50	-	-	-
	52	162,4	157,75	78	20	35	88	20	50	-	-	-
	53	165,4	160,78	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	54	168,4	163,82	78	20	35	88	20	50	-	-	-
	55	171,4	166,85	78	20	35	88	20	50	-	-	-
	56	174,5	169,88	78	20	35	88	20	50	-	-	-
	57	177,5	172,91	78	20	35	88	20	50	88	25	60
CORRENTE mm Passo 9,525 Largura interna 5,72 Rolo - ø 6,35 Material C 43	58	180,5	175,93	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	59	183,6	178,96	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	60	186,6	181,99	78	20	35	88	20	50	88	25	60
	61	189,6	185,00	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	62	192,7	188,06	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	63	195,7	191,10	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	64	198,7	194,12	78	20	35	88	25	50	-	-	-
	65	201,8	197,15	78	20	35	88	25	50	-	-	-
	68	210,8	206,24	78	20	35	-	-	-	-	-	-
	69	213,6	209,26	78	20	35	88	25	50	-	-	-
	70	216,9	212,30	78	20	35	88	25	50	-	-	-
	72	222,9	218,60	78	20	35	88	25	50	-	-	-
	76	235,1	230,49	78	20	35	88	25	50	88	25	60
	80	247,2	242,61	88	25	40	108	25	50	-	-	-
	85	262,4	257,77	88	25	40	108	25	50	-	-	-
	90	277,5	272,93	88	25	40	108	25	50	-	-	-
	95	292,7	288,08	88	25	40	108	25	50	120	25	60
	100	307,8	303,25	100	25	40	108	25	50	-	-	-
	114	350,3	345,68	100	25	40	108	25	50	-	-	-
	120	368,5	363,86	100	25	40	-	-	-	-	-	-
	125	383,6	379,02	100	25	40	-	-	-	-	-	-

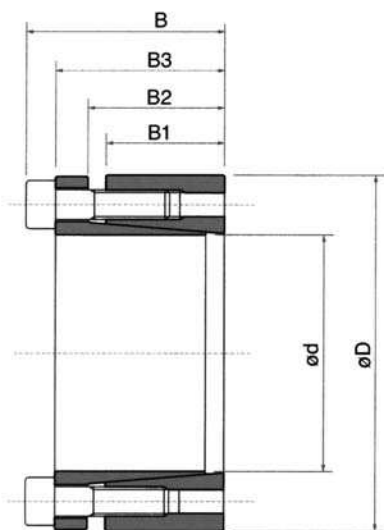


Anexo C.

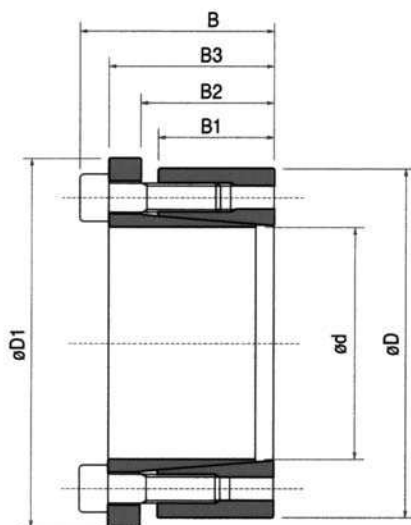
Coroas	Z	de	dp	S D T		
				D ₁	D ₂	D ₃
3/4" x 7/16" 19,05 x 11,68 mm (12B - 1 - 2 - 3)	8	58,0	49,78	10	12	12
	9	63,9	55,70	10	12	12
	10	69,8	61,64	10	12	12
	11	75,8	67,61	12	12	16
	12	81,8	73,60	14	14	16
	13	87,8	79,59	14	14	16
	14	93,8	85,61	14	16	16
	15	99,8	91,63	14	16	16
	16	105,8	97,65	14	16	20
	17	111,9	103,67	14	16	20
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	18	117,9	109,71	14	16	20
	19	123,9	115,75	14	16	20
	20	130,0	121,78	14	16	20
	21	136,0	127,82	16	20	20
	22	142,0	133,86	16	20	20
	23	148,1	139,90	16	20	20
	24	154,1	145,94	16	20	20
	25	160,2	152,00	16	20	20
	26	166,2	158,04	16	20	20
	27	172,3	164,09	16	20	20
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	28	178,3	170,13	16	20	20
	29	184,4	176,19	16	20	20
	30	190,4	182,25	16	20	20
	31	196,5	188,31	20	20	25
	32	202,5	194,35	20	20	25
	33	208,6	200,40	20	20	25
	34	214,6	206,46	20	20	25
	35	220,7	212,52	20	20	25
	36	226,8	218,58	20	25	25
	37	232,8	224,64	20	25	25
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	38	238,9	230,69	20	25	25
	39	244,9	236,75	20	25	25
	40	251,0	242,81	20	25	25
	41	258,9	248,87	25	25	25
	42	265,0	254,93	25	25	25
	43	271,1	260,98	25	25	25
	44	277,1	267,03	25	25	25
	45	283,2	273,10	25	25	25
	46	289,2	279,16	25	25	25
	47	295,3	285,21	25	25	25
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	48	301,4	291,27	25	25	25
	49	307,4	297,33	25	25	25
	50	313,5	303,39	25	25	25
	51	319,5	309,45	25	25	25
	52	325,6	315,50	25	25	25
	53	331,6	321,56	25	25	25
	54	337,7	327,64	25	25	25
	55	343,8	333,70	25	25	25
	56	349,8	339,75	25	25	30
	57	355,9	345,81	25	25	30
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	58	362,0	351,87	25	25	30
	59	368,0	357,93	25	25	30
	60	374,1	363,99	25	25	30
	61	380,1	370,06	25	-	-
	62	386,2	376,12	25	30	30
	63	392,3	382,18	25	-	-
	64	398,3	388,24	25	30	30
	65	404,4	394,29	25	30	30
	66	410,4	400,35	25	30	30
	67	416,5	406,42	30	-	-
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	68	422,6	412,49	30	30	30
	69	428,7	418,55	30	-	-
	70	434,7	424,60	30	30	30
	71	440,8	430,67	30	-	-
	72	446,8	436,74	30	30	30
	73	452,9	442,80	30	-	-
	74	459,0	448,87	30	-	-
	75	465,0	454,91	30	30	30
	76	471,1	460,99	30	30	30
	78	483,2	473,10	30	30	30
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	80	495,3	485,22	30	30	30
	85	525,6	515,55	30	30	30
	88	543,7	533,73	30	-	-
	90	555,9	545,86	30	30	30
	95	586,2	576,17	30	30	30
	100	616,6	606,47	30	30	30
	110	677,2	667,11	30	30	30
	114	701,4	691,36	30	30	30
	120	737,8	727,74	30	30	30
	125	768,1	758,05	30	30	30
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	13	117,7	106,12	16	20	20
	14	125,7	114,15	16	20	20
	15	133,7	122,17	16	20	20
	16	141,8	130,20	20	20	25
	17	149,8	138,22	20	20	25
	18	157,8	146,28	20	20	25
	19	165,9	154,33	20	20	25
	20	173,9	162,38	20	20	25
	21	182,0	170,43	20	25	25
	22	190,1	178,48	20	25	25
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	23	198,1	186,53	20	25	25
	24	206,2	194,59	20	25	25
	25	214,2	202,66	20	25	25
	26	222,3	210,72	20	25	30
	27	230,4	218,79	20	25	30
	28	238,4	226,85	20	25	30
	29	246,5	234,92	20	25	30
	30	254,6	243,00	20	25	30
	31	262,6	251,08	25	25	30
	32	270,7	259,13	25	25	30
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	33	278,8	267,21	25	25	30
	34	286,9	275,28	25	25	30
	35	294,9	283,36	25	25	30
	36	303,0	291,44	25	25	30
	37	311,1	299,51	25	25	-
	38	319,2	307,59	25	25	30
	39	327,2	315,67	25	25	30
	40	335,3	323,73	25	25	30
	41	345,6	331,82	25	25	-
	42	353,7	339,90	25	25	30
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	43	361,7	347,98	25	25	-
	44	369,8	356,06	25	25	30
	45	377,9	364,12	25	25	30
	46	386,0	372,21	25	25	30
	47	394,1	380,29	25	25	-
	48	402,1	388,36	25	25	30
	49	410,2	396,44	25	-	-
	50	418,3	404,52	25	25	30
	51	426,4	412,60	30	25	40
	52	434,5	420,67	30	30	40
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	53	442,5	428,75	30	-	-
	54	450,6	436,85	30	-	-
	55	458,7	444,93	30	30	40
	56	466,8	453,01	30	40	-
	57	474,9	461,07	30	40	40
	58	482,9	469,16	30	-	-
	59	491,0	477,24	30	-	-
	60	499,1	485,32	30	40	40
	61	507,2	493,46	30	-	-
	62	515,3	501,50	30	40	-
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	63	523,4	509,58	30	-	-
	64	531,4	517,65	30	-	-
	65	539,5	525,73	30	40	40
	66	547,6	533,80	30	-	-
	67	555,7	541,89	30	-	-
	68	563,8	549,98	30	40	40
	70	579,9	566,14	30	40	40
	71	588,0	572,23	30	-	-
	72	596,1	582,32	30	40	40
	75	620,3	606,55	30	40	40
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	76	628,4	614,65	30	40	40
	78	644,6	630,80	30	-	-
	80	660,7	646,96	30	40	40
	85	701,2	687,40	30	40	40
	90	741,6	727,81	30	40	40
	95	782,0	768,22	30	40	40
	100	822,4	808,63	30	40	40
	110	903,3	889,48	30	40	40
	114	935,6	921,81	30	40	40
	120	984,1	970,33	30	40	40
1" x 17,02mm 25,4 x 17,02 mm (16B - 1 - 2 - 3)	125	1024,5	1010,73	30	40	40

Anexo D.

Casquilhos de Montagem Auto-Centrantes RLK-1300 / RLK-1310



RLK-1300



RLK-1310



RLK-1300



RLK-1310

						Aperto dos parafusos		RLK-1300					RLK-1310				
Medidas int. x ext.	Medidas principais em mm				Apenas o RLK-1310	DIN 912 12.9	Aperto de torção	Torção	Carga Axial	Pressão Superf.		Peso un.	Torção	Carga Axial	Pressão Superf.		Peso un.
	B1	B2	B3	B						Veio	Canhão				Veio	Canhão	
dxD mm					D1 mm	Nº de parafusos	Ms Nm	Mt Nm	F ass. KN	pw N/mm²	pn N/mm²	Kg	Mt Nm	F ass. KN	pw N/mm²	pn N/mm²	Kg
19 x 47	26	30	41	47	53	6 x M6	17	500	54	300	125	0,50	300	34	190	75	0,60
20 x 47	26	30	41	47	53	6 x M6	17	540	54	280	120	0,40	330	34	175	75	0,50
22 x 47	26	30	41	47	53	6 x M6	17	600	54	255	120	0,40	370	34	160	75	0,50
24 x 50	26	30	41	47	56	6 x M6	17	650	54	235	115	0,40	400	34	145	70	0,50
25 x 50	26	30	41	47	56	6 x M6	17	680	54	225	115	0,40	420	34	140	70	0,50
28 x 55	26	30	41	47	61	6 x M6	17	760	54	200	105	0,50	470	34	125	65	0,60
30 x 55	26	30	41	47	61	6 x M6	17	820	54	185	105	0,50	510	34	115	65	0,60
32 x 60	26	30	41	47	66	8 x M6	17	1160	73	235	125	0,60	720	45	145	80	0,70
35 x 60	26	30	41	47	66	8 x M6	17	1270	73	215	125	0,50	790	45	135	80	0,60
38 x 65	26	30	41	47	71	8 x M6	17	1380	73	200	115	0,60	860	45	125	70	0,80
40 x 65	26	30	41	47	71	8 x M6	17	1450	73	190	115	0,60	900	45	120	70	0,60
42 x 75	30	35	49	57	81	6 x M8	41	2130	101	215	120	1,00	1320	63	135	75	1,20
45 x 75	30	35	49	57	81	6 x M8	41	2280	101	200	120	1,00	1410	63	125	75	1,10
48 x 80	30	35	49	57	86	6 x M8	41	2430	101	190	115	1,10	1510	63	120	70	1,30
50 x 80	30	35	49	57	86	6 x M8	41	2530	101	180	115	1,00	1570	63	110	70	1,10
55 x 85	30	35	49	57	91	8 x M8	41	3700	135	220	140	1,10	2310	84	135	90	1,20
60 x 90	30	35	49	57	96	8 x M8	41	4000	135	200	135	1,20	2520	84	124	85	1,30
65 x 95	30	35	49	57	102	8 x M8	41	4380	135	185	125	1,30	2730	84	115	80	1,40
70 x 110	40	45	59	69	117	8 x M10	83	7500	214	205	130	2,20	4650	133	125	80	2,50
75 x 115	40	45	59	69	122	8 x M10	83	8000	214	190	125	2,50	5000	133	120	80	2,60
80 x 120	40	45	59	69	127	8 x M10	83	8560	214	180	120	2,60	5330	133	110	75	2,80
85 x 125	40	45	59	69	132	10 x M10	83	11370	268	210	145	2,80	7080	167	130	90	2,80
90 x 130	40	45	59	69	137	10 x M10	83	12000	268	200	135	2,70	7500	167	125	85	3,00
95 x 135	40	45	59	69	142	10 x M10	83	12600	268	190	130	2,90	7900	167	115	85	3,00
100 x 145	46	52	68	80	153	8 x M12	145	15580	312	180	125	3,90	9700	194	115	80	5,50
110 x 155	46	52	68	80	163	8 x M12	145	17100	312	165	115	4,20	10650	194	100	75	4,80
120 x 165	46	52	68	80	173	10 x M12	145	23370	390	190	135	4,80	14550	243	120	85	5,50
130 x 180	46	52	68	80	188	12 x M12	145	30380	467	210	150	5,00	18950	291	130	95	6,00
140 x 190	50	57	76	90	199	8 x M14	230	29900	428	165	120	6,50	18650	267	100	75	7,50
150 x 200	50	57	76	90	209	10 x M14	230	40000	535	190	145	7,00	25000	333	120	90	7,70
160 x 210	50	57	76	90	219	10 x M14	230	42750	535	180	135	7,00	26650	333	110	85	8,00
170 x 225	50	57	76	90	234	12 x M14	230	54500	641	200	150	8,50	34000	400	125	95	9,80
180 x 235	50	57	76	90	244	12 x M14	230	57700	641	190	145	9,00	36000	400	120	90	9,80

Anexo E.

5-SELEÇÃO DA DIMENSÃO DO ROLAMENTO

5.1 Vida do Rolamento

As funções requeridas para os rolamentos diferem de acordo com a aplicação, e devem ser mantidas necessariamente por um período além do determinado. O rolamento mesmo que utilizado corretamente, ao passar do tempo deixa de desempenhar de forma satisfatória, devido entre outros casos como o aumento de ruído e vibração, a redução da precisão pelo desgaste, a deterioração da graxa lubrificante ou o escamamento por fadiga na superfície de rolamento.

A vida do rolamento no amplo sentido do termo são estes períodos até a impossibilitação do uso, denominados respectivamente como, vida de ruído, vida de desgaste, vida de graxa ou vida de fadiga.

Além destas vidas existem outros casos que não permitem a utilização dos rolamentos, como o superaquecimento, a trinca e o lascamento, o arraste prejudicial nas pistas e danos nas placas de proteção. Estes são casos de natureza a serem distinguidos como vida pelo mau funcionamento do rolamento, frequentemente com origem em erros, como de seleção do rolamento, da falha no projeto do eixo, alojamento e correlacionados, da falha na instalação, do erro no método de utilização ou da manutenção deficiente.

5.1.1 Vida de Fadiga e Vida Nominal

As pistas dos anéis internos e externos, juntamente com os corpos rolantes são submetidas a cargas cíclicas ininterruptas quando os rolamentos estiverem em rotação sob carga, por esta razão, em função da fadiga do material ocorre na superfície de contato da pista e dos corpos rolantes, falhas com desprendimento de material em forma de escamas, esta ocorrência (figura 5.1) é denominada de escamamento. O número total de revoluções até a ocorrência deste início de escamamento, é definido como vida de fadiga e é frequentemente denominado, simplesmente, de vida.

A vida de fadiga do rolamento, mesmo operando em condições idênticas um grande número de rolamentos, que tenham as mesmas dimensões, construção, material, tratamento térmico, processo de fabricação, entre outros, apresentam uma dispersão considerável (figura 5.2). Isto ocorre devido a existência de dispersão natural na própria fadiga do material. Consequentemente, esta dispersão da vida é tratada como fenômeno estatístico e aplica-se a vida nominal definida a seguir.

A vida nominal é definida como sendo, o total do número de revoluções que um lote de rolamentos com o mesmo número possam girar sem apresentar escamamento em função da fadiga em 90% destes rolamentos, ao serem girados individualmente nas mesmas condições de operação.

Nos casos de operação em velocidades constantes são frequentes a indicação da vida nominal pelo total de horas em operação.

Ao estudar a determinação da vida do rolamento, esta vida relativa à fadiga é usualmente o fator considerado; entretanto, de acordo com as funções requeridas ao rolamento, há necessidade de considerar juntamente alguns

limites de utilização. Exemplificando, há a vida de graxa nos rolamentos pré-lubrificadas (consultar capítulo 12 página A107), que pode ser calculada aproximadamente.

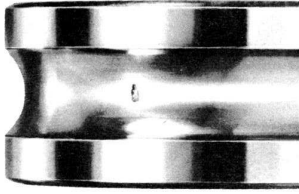
A vida de ruído e a vida de desgaste são frequentemente definidas por antecipação baseadas nos limites obtidos empiricamente, isto se deve ao padrão dos limites de utilização que diferem de acordo com a aplicação do rolamento.

5.2 Capacidade de Carga Básica Dinâmica e Vida Nominal

5.2.1 Capacidade de Carga Básica Dinâmica

A capacidade de carga básica dinâmica que representa a capacidade de carga do rolamento, é definida como a carga de direção e intensidade constantes que resulte na vida nominal de um milhão de revoluções (10⁶ revoluções), na condição de anel interno em movimento e o anel externo em repouso. No rolamento radial toma-se a carga radial central de direção e intensidade constantes, no rolamento axial toma-se a carga axial, coincidente ao eixo central, de direção e intensidade constante. A capacidade de carga básica dinâmica C, para cada um dos rolamentos é relacionada nas tabelas de dimensões, como Cr nos rolamentos radiais e Ca nos rolamentos axiais.

Fig. 5.1 Escamamento na Pista



5.2.2 Equipamentos para o uso de Rolamentos e Vida de Projeto

Ao selecionar os rolamentos tomar futilmente uma vida nominal longa, implicará no aumento proporcional de tamanho dos rolamentos tornando-se antieconômico. Além

Fig. 5.2 Dispersão da Vida do Rolamento

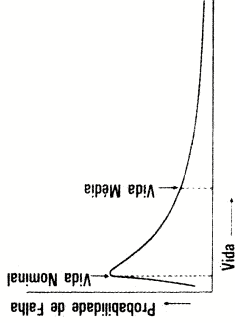


Tabela 5.1 Coeficiente de Vida fh e Exemplos de Aplicações

Condições de trabalho	Valores de fh e Aplicações			
	-3	2-4	3-5	4-7
Uso esporádico ou curto período	• Pequenos motores para aspiradores e máquinas de lavar domésticos • Ferramentas elétricas	• Máquinas agrícolas		
Uso ocasional mas requer funcionamento seguro		• Motores para aparelhos de ar condicionado doméstico • Máquinas de construção civil	• Roletes de correias transportadoras • Elevadores	
Uso intermitente mas relativamente em períodos longos	• Fricosco de cilindros de laminação	• Pequenos Motores • Guindastes de convés • Pontes rolantes • Caixas de pinhão • Veículos de passeio	• Motores industriais • Máquinas operatrizes • Sistemas de engrenamento em geral • Peneiras vibratórias • Briadores	• Rodanas de guindastes • Compressores • Importantes sistemas de engrenamento
Uso contínuo por longos períodos ou acima de 8 horas diárias		• Escadas rolantes	• Separadores centífugos • Sistemas de ar Condicionado • Sopradores • Máquinas de marcenaria • Grandes motores • Rodéis de carros de passageiros	• Guindastes de mineração • Volantes de prensas • Motores de tração • Rodéis de locomotivas
Uso ininterrupto de 24 horas sem admitir parada acidental				• Máquinas para indústria de papel • Sist. Fomec. De água • Equip. de Hidrelétricas • Bombas de drenagem de minas

disto, há casos em que devido a itens como resistência, rigidez e dimensões de instalação do eixo, nem sempre é possível se basear na vida nominal. Os rolamentos usados nos vários tipos de equipamentos, dependendo das condições de uso têm vidas de projeto que servem como orientação, se estas forem indicadas por coeficiente da vida (consulte tabela 5.2) empírica, serão conforme a tabela 5.1.

5.2.3 Seleção da Dimensão do Rolamento em função da Capacidade de Carga Básica Dinâmica

Entre a capacidade de carga básica, a carga no rolamento e a vida nominal há a seguinte relação:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 \dots\dots\dots (5.1)$$

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{3}{10}} \dots\dots\dots (5.2)$$

Onde L: Vida nominal (10⁶ rev.)

P: Carga no rolamento (equivalente) (N), {kgf}

.....referência na página A30

C: Capacidade de carga básica dinâmica (N), {kgf}

Indicado como: Cr no rolamento radial e

Ca no rolamento axial

No caso dos rolamentos utilizados a uma velocidade constante, a indicação da vida do rolamento em horas torna-se mais conveniente. Em automóveis e rodéis, geralmente, são indicadas em números de quilômetros percorridos (número total de revoluções).

5-SELEÇÃO DA DIMENSÃO DO ROLAMENTO

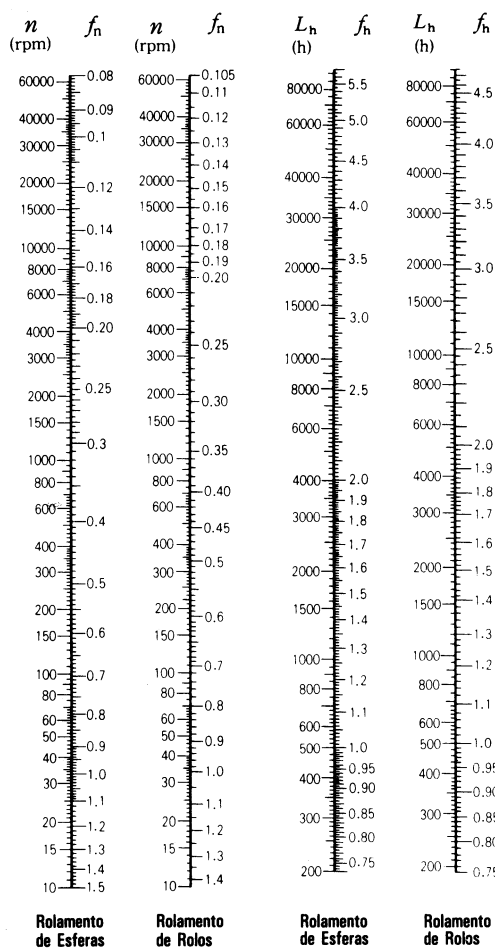


Fig. 5.3 Velocidade de Rotação e coeficiente de Velocidade

Ao atribuir como condição de uso, a carga de rolamento P e a velocidade de rotação n e caso definido o coeficiente de vida fh como sendo a vida de projeto do rolamento para a máquina, a capacidade de carga básica C necessária pode ser obtida pela equação seguinte:

$$C = \frac{f_h \cdot P}{f_n} \quad (5.3)$$

O rolamento que satisfaça este valor de C deve ser selecionado a partir das tabelas de dimensões.

5.2.4 Correção da Capacidade de Carga Básica em função da Temperatura

A dureza dos rolamentos diminuem quando usados em altas temperaturas, como acima de 120°C, e em relação aos casos de uso em temperaturas normais têm a vida reduzida.

Conseqüentemente, há necessidade de estimar a redução proporcional na capacidade de carga pela equação seguinte:

$$C_t = f_t \cdot C \quad (5.4)$$

Onde: C_t : Capacidade de carga corrigida em função da temperatura de trabalho (N), {kgf}
 f_t : Coeficiente de temperatura (tabela 5.3)
 C : Capacidade de carga básica (N), {kgf}

Além disto, os rolamentos quando utilizados em temperaturas superiores a 120°C, de acordo com o tamanho podem apresentar alterações dimensionais sensíveis; nestes casos deve ser estudado a necessidade ou não do tratamento de estabilização dimensional.

A capacidade de carga básica dos rolamentos com tratamento de estabilização dimensional pode tornar-se menor que a capacidade relacionada nas tabelas de dimensões.

Tabela 5.3 Coeficiente de Temperatura f_t

Temperatura do Rolamento °C	125	150	175	200	250
Coeficiente de Temperatura f_t	1.00	1.00	0.95	0.90	0.75

5.2.5 Correção da Vida Nominal

Conforme tratado anteriormente, as equações para o cálculo da vida nominal são as seguintes:

$$\text{Rolamento de Esferas } L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad \dots\dots\dots$$

$$\text{Rolamento de Rolos } L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \quad \dots\dots\dots$$

A vida L_{10} é ainda definida como a vida nominal de confiabilidade. Entretanto, dependendo do e em que são empregados os rolamentos, há requerem uma vida nominal presumida com ac de confiabilidade. Por outro lado, recentes apri no material dos rolamentos proporcionaram da vida nominal; além disso, em função da no campo da teoria de lubrificação elasto-hi possibilitou-se a compreensão da influência sig espessura de película lubrificante, da área de c a pista e os corpos rolantes, na vida dos rolame

Como reflexo destes aprimoramentos no vida, efetua-se a correção da vida nominal coeficientes a seguir:

$$L_{na} = a_1 a_2 a_3 L_{10} \quad (5.7)$$

Onde

L_{na} : Vida nominal considerando-se a confi aprimoramento no material, condição lubrificação, etc.

L_{10} : Vida nominal com 90% de confiabilidade

a_1 : Coeficiente de confiabilidade

a_2 : Coeficiente de material

a_3 : Coeficiente das condições de uso

Os coeficientes de confiabilidade a_1 para co superiores a 90% estão relacionados na tabela

O coeficiente de material a_2 deve ser tomado ac ser um coeficiente para a correção do prolon vida em função de aprimoramento do material.

A NSK emprega de forma generalizada o aço pa desgaseificado a vácuo, rigorosamente selecio

Os resultados dos testes em laboratório p os rolamentos normais deste material, com considerável efeito no prolongamento da vida.

As capacidades de carga básica dinâmica relacionadas nas tabelas de dimensões têm o efeito de prolongamento da vida em aprimoramento do material e da tecnologia de Conseqüentemente, em caso de estimar a vida equação 5.7 é suficiente considerar $a_2 = 1$.

Tabela 5.4 Coeficiente de Confiabilidade

Confiabilidade (%)	90	95	96	97
a_1	1.00	0.62	0.53	0.44

5.7 Exemplos de Cálculos

(Exemplo 1)

Determinar o coeficiente de vida nominal f_h do rolamento **6208** sob carga radial

$F_r = 2\,500\text{N}$, {255kgf} e velocidade $n = 900\text{ rpm}$

A capacidade de carga básica C_r do **6208** é de $29\,100\text{N}$, {2970 kgf} (pág. B10, tabela de dimensões). Como somente a carga radial atua sobre o rolamento, a carga dinâmica equivalente P será conforme o abaixo:

$$P = F_r = 2\,500\text{N}, \{255\text{kgf}\}$$

Como a velocidade $n = 900\text{ rpm}$, o coeficiente de velocidade f_n pode ser obtido da equação da tabela 5.2 (pág. A25) ou pela figura 5.3 (pág. A26).

$$f_n = 0.333$$

Nestas condições, o coeficiente de vida nominal f_h será:

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.333 \frac{29\,100}{2\,500} = 3.88$$

O valor encontrado é adequado para mecanismos de engrenagem em geral, sistemas de ar condicionado, entre outros, utilizados continuamente. De acordo com a equação da tabela 5.2 ou figura 5.4 (pág. A26), o encontrado corresponde aproximadamente a 29 000 horas.

(Exemplo 2)

Selecionar um rolamento fixo de uma carreira de esferas com furo de 50mm e externo abaixo de 100mm que satisfaça as seguintes condições:

Carga radial $F_r = 3\,000\text{N}$, {306 kgf}

Velocidade de rotação $n = 1\,900\text{rpm}$

Vida nominal $L_h \geq 10\,000\text{h}$

O coeficiente de vida f_h do rolamento de esferas que possibilita $L_h \geq 10\,000\text{h}$ é $f_h \geq 2.72$.

Como $f_n = 0.26$, $P = F_r = 3\,000\text{N}$, {306 kgf}

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.26 \frac{C_r}{3\,000} \geq 2.72$$

$$\text{Portanto, } C_r \geq 2.72 \frac{3\,000}{0.26} = 31\,380\text{N}, \{3\,200\text{kgf}\}$$

Da tabela de dimensões página B12, o **6210** é selecionado por satisfazer as condições acima.

(Exemplo 3)

Determinar C_r / P ou f_h no caso de acrescentar às condições do exemplo 1, uma carga axial $F_a = 1\,000\text{N}$, {102kgf}

Quando a carga radial F_r e a carga axial F_a são aplicadas no rolamento **6208**, a carga dinâmica equivalente P deve ser calculada de acordo com o seguinte procedimento:

Obter os coeficientes de carga radial X e de carga axial Y , e a constante e definidos em função da magnitude de C_{or} / F_a nas tabelas auxiliares localizadas na parte superior das tabelas de dimensões.

Sendo a capacidade de carga básica C_{or} do rolamento **6208** igual a $17\,900\text{N}$, {1 820kgf} (pág. B10).

$$C_{or} / F_a = 17\,900 / 1\,000 = 17.9$$

$$e \approx 0.26$$

$$e F_a / F_r = 1\,000 / 2\,500 = 0.4 > e$$

$$X = 0.56$$

$$Y = 1.71 \text{ (Valor de } Y \text{ obtido pela interpolação linear)}$$

Portanto, a carga dinâmica equivalente P e o f_h serão:

$$\begin{aligned} P &= XF_r + YF_a \\ &= 0.56 \times 2\,500 + 1.71 \times 1\,000 \\ &= 3\,110\text{N}, \{317\text{kgf}\} \end{aligned}$$

$$\frac{C_r}{P} = \frac{29\,100}{3\,110} = 9.36$$

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.333 \frac{29\,100}{3\,110} = 3.12$$

O valor obtido de f_h corresponde, aproximadamente, a 15 200 horas para o rolamento de esferas.

(Exemplo 4)

Selecionar o rolamento autocompensador de rolos da série 231 que satisfaça as seguintes condições:

Carga radial $F_r = 45\,000\text{N}$, {4 950kgf}

Carga axial $F_a = 8\,000\text{N}$, {816kgf}

Velocidade de rotação $n = 500\text{rpm}$

Vida nominal $L_h \geq 30\,000\text{h}$

O coeficiente de vida f_h dos rolamentos de rolos que possibilita $L_h \geq 30\,000\text{h}$ é maior que 3.45, pela figura 5.4 (pág. A26).

A carga dinâmica equivalente P do autocompensador de rolos será:

Quando $F_a / F_r \leq e$

$$P = XF_r + YF_a = F_r + Y_3 F_a$$

Quando $F_a / F_r > e$

$$P = XF_r + YF_a = 0.67 F_r + Y_2 F_a$$

$$F_a / F_r = 8\,000 / 45\,000 = 0.18$$

Como pode ser verificado na tabela de dimensões 231 o valor de e encontra-se em torno de 0.3 e de 2.2.

$$\begin{aligned} \text{Portanto, } P &= XF_r + YF_a = F_r + Y_3 F_a \\ &= 45\,000 + 2.2 \times 8\,000 \\ &= 62\,600\text{N}, \{6\,380\text{kgf}\} \end{aligned}$$

Com isto, a partir do coeficiente f_h a capacidade básica necessária pode ser obtida, cálculo a seguir:

$$f_h = f_n \frac{C_r}{P} = 0.444 \frac{C_r}{62\,600} = 3.45$$

Conseqüentemente, $C_r \geq 490\,000\text{N}$, {50 000kgf}

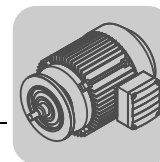
O menor rolamento autocompensador de rolos que satisfaz este valor de C_r , é o **23126C** ($C_r = 51\,500\text{kgf}$).

Ao determinar o rolamento, substitui-se o valor recalcula-se o valor de P e a vida L_h correspondente:

$$\begin{aligned} P &= F_r + Y_3 F_a = 45\,000 + 2.4 \times 8\,000 \\ &= 64\,200\text{N}, \{6\,500\text{kgf}\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_h &= 500 \left(f_n \frac{C_r}{P} \right)^{\frac{10}{3}} \\ &= 500 \left(0.444 \frac{505\,000}{64\,200} \right)^{\frac{10}{3}} \\ &= 500 \times 3.49^{\frac{10}{3}} \approx 32\,000\text{h} \end{aligned}$$

Anexo F.



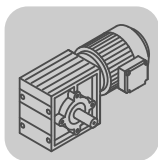
14.3 DRS 4-pole: 1500 1/min – S1 IE1

Motor type DRS	P _N [kW]	M _N [Nm]	n _N [1/min]	I _N 400 V [A]	I _N 380-420 V [A]	cosφ	IE class	η 75% η 100% [%] ¹⁾	I _A /I _N	M _A /M _N M _H /M _N	m [kg] ²⁾	J _{Mot} [10 ⁻⁴ kgm ²]
DRS71S4	0.37	2.55	1380	1.14	1.24	0.7	-	65.3 66.6	3.5	1.8 1.8	7.8	4.9
DRS71M4	0.55	3.8	1380	1.55	1.62	0.72	-	71.9 70.6	3.6	2.1 2.1	9.1	7.1
DRS80S4	0.75	5.1	1400	1.8	1.82	0.81	IE1	76.6 75.3	4.3	1.9 1.9	11.5	14.9
DRS80M4	1.1	7.4	1410	2.40	2.50	0.84	IE1	78.6 77	5.1	2.2 1.7	14.3	21.5
DRS90M4	1.5	10.3	1395	3.30	3.40	0.82	IE1	82 79.6	5.0	2.3 2.0	18.4	35.5
DRS90L4	2.2	15	1400	4.85	4.95	0.81	IE1	83.1 81.1	5.1	2.5 2.2	21.5	43.5
DRS100M4	3	20.5	1400	6.4	6.5	0.82	IE1	84.7 82.4	5.3	2.8 2.4	26	56
DRS100LC4	4	26.5	1445	8.4	8.5	0.81	IE1	86.4 85.3	6.5	2.5 2.3	31	90
DRS112M4	4	26.5	1435	8.1	8.4	0.84	IE1	85.6 83.8	6	2 1.7	41.5	146
DRS132S4	5.5	36.5	1445	11.1	11.6	0.82	IE1	86.7 85.7	6.7	2.4 2.1	44	190
DRS132M4	7.5	49.5	1445	14.4	15.1	0.85	IE1	89.1 87.1	6.6	2.4 1.9	60	255
DRS132MC4	9.2	60	1465	18.6	19.3	0.81	IE1	88.5 87.6	7.2	2.1 1.6	63	340
DRS160S4	9.2	60	1460	18.9	19.2	0.79	IE1	89 88	6.4	2.5 2	80	370
DRS160M4	11	72	1460	22	22.5	0.81	IE1	89.1 88	6.8	2.7 2.3	92	450
DRS160MC4	15	97	1470	30	31	0.80	IE1	90.2 89.1	6.3	2.1 1.7	94	590
DRS180S4	15	98	1460	29	29.5	0.83	IE1	90.3 89.5	6.2	2.3 2	122	900
DRS180M4	18.5	121	1465	34.5	35.5	0.85	IE1	92.8 90	6.5	2.2 1.8	141	1110
DRS180L4	22	143	1465	41.5	42.5	0.84	IE1	91.2 90.5	6.9	2.4 2	152	1300
DRS180LC4	30	195	1470	57	59	0.84	IE1	92.0 90.9	5.6	1.8 1.5	161	1680
DRS200L4	30	194	1475	57	59	0.82	IE1	91.9 91.3	6.4	2.1 1.9	260	2360
DRS225S4	37	240	1475	70	72	0.82	IE1	92 91.6	7.1	2.4 1.9	295	2930
DRS225M4	45	290	1480	84	86	0.83	IE1	92.7 92.3	7.4	2.5 2.2	315	3430
DRS225MC4	55	355	1480	106	108	0.81	IE1	92.8 92.4	6.8	2.4 1.8	330	4330
DRS315K4	110	710	1482	200	210	0.84	IE1	94.2 94	6.1	2.2 1.7	850	18400
DRS315S4	132	850	1484	230	240	0.85	IE1	94.2 94.2	6.5	2.4 1.9	930	22500
DRS315M4	160	1030	1483	280	290	0.87	IE1	94.8 94.6	6.9	2.1 1.7	1090	27900
DRS315L4	200	1290	1481	350	375	0.88	IE1	94.9 94.6	6.4	2.1 1.7	1170	31900





1) Efficiency according to IEC 60034-2-1 Ed.1 (2007) / PLL from Residual Losses

2) Applies to foot-mounted motor (DRS.../Fl..)

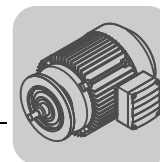
Anexo G.



W37, n_e = 1400 1/min						110 Nm		
n _a [1/min]	M _{amax} [Nm]	F _{Ra} [N]	φ/(R) [']	i	DR63 DRS71S DRS71M	DRS80	DRS90M	DRS90L DRS100M
44	90	3610	-	31.67				
45	110	3320	-	31.33				
50	110	3320	-	27.78				
52	90	3610	-	26.96				
60	90	3610	-	23.25				
66	110	3320	-	21.33				
74	90	3610	-	18.94				
89	90	3430	-	15.67				
101	90	3250	-	13.89				
110	70	3800	-	12.70				
120	70	3680	-	11.65				
131	90	2880	-	10.67				
141	70	3460	-	9.92				
164	70	3270	-	8.55				
201	70	3020	-	6.97				
243	70	2810	-	5.77				
274	70	2680	-	5.11				
356	70	2410	-	3.93				
438	70	2220	-	3.20*				

W37R17, n _e = 1400 1/min						110 Nm
n _a [1/min]	M _{amax} [Nm]	F _{Ra} [N]	φ(/R) [']	i	DR63 DRS71S DRS71M	DRS80
 2  3						
0.32	110	3320	-	4402		
0.37	110	3320	-	3795		
0.43	110	3320	-	3272		
0.48	110	3320	-	2899		
0.55	110	3320	-	2558		
0.59	110	3320	-	2382		
0.64	110	3320	-	2172		
0.72	110	3320	-	1952		
0.78	110	3320	-	1795		
0.88	110	3320	-	1593		
0.96	110	3320	-	1463		
1.1	110	3320	-	1298		
1.9	110	3320	-	754		
2.1	110	3320	-	669		
 2  2						
1.2	110	3320	-	1173		
1.3	110	3320	-	1063		
1.5	110	3320	-	956		
1.6	110	3320	-	854		
2.3	110	3320	-	600		
2.6	110	3320	-	532		
3.0	110	3320	-	472		
3.2	110	3320	-	434		
3.6	110	3320	-	384		
3.9	110	3320	-	359		
4.3	110	3320	-	327		
4.9	110	3320	-	286		
5.2	110	3320	-	267		
6.0	110	3320	-	233		
6.8	110	3320	-	207		
7.6	110	3320	-	184		
8.8	110	3320	-	160		

Anexo H.

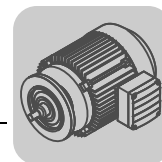


14.3 DRS 4-pole: 1500 1/min – S1 IE1

Motor type DRS	P _N [kW]	M _N [Nm]	n _N [1/min]	I _N 400 V [A]	I _N 380-420 V [A]	cosφ	IE class	η 75% η 100% [%] ¹⁾	I _A /I _N	M _A /M _N M _H /M _N	m [kg] ²⁾	J _{Mot} [10 ⁻⁴ kgm ²]
DRS71S4	0.37	2.55	1380	1.14	1.24	0.7	-	65.3 66.6	3.5	1.8 1.8	7.8	4.9
DRS71M4	0.55	3.8	1380	1.55	1.62	0.72	-	71.9 70.6	3.6	2.1 2.1	9.1	7.1
DRS80S4	0.75	5.1	1400	1.8	1.82	0.81	IE1	76.6 75.3	4.3	1.9 1.9	11.5	14.9
DRS80M4	1.1	7.4	1410	2.40	2.50	0.84	IE1	78.6 77	5.1	2.2 1.7	14.3	21.5
DRS90M4	1.5	10.3	1395	3.30	3.40	0.82	IE1	82 79.6	5.0	2.3 2.0	18.4	35.5
DRS90L4	2.2	15	1400	4.85	4.95	0.81	IE1	83.1 81.1	5.1	2.5 2.2	21.5	43.5
DRS100M4	3	20.5	1400	6.4	6.5	0.82	IE1	84.7 82.4	5.3	2.8 2.4	26	56
DRS100LC4	4	26.5	1445	8.4	8.5	0.81	IE1	86.4 85.3	6.5	2.5 2.3	31	90
DRS112M4	4	26.5	1435	8.1	8.4	0.84	IE1	85.6 83.8	6	2 1.7	41.5	146
DRS132S4	5.5	36.5	1445	11.1	11.6	0.82	IE1	86.7 85.7	6.7	2.4 2.1	44	190
DRS132M4	7.5	49.5	1445	14.4	15.1	0.85	IE1	89.1 87.1	6.6	2.4 1.9	60	255
DRS132MC4	9.2	60	1465	18.6	19.3	0.81	IE1	88.5 87.6	7.2	2.1 1.6	63	340
DRS160S4	9.2	60	1460	18.9	19.2	0.79	IE1	89 88	6.4	2.5 2	80	370
DRS160M4	11	72	1460	22	22.5	0.81	IE1	89.1 88	6.8	2.7 2.3	92	450
DRS160MC4	15	97	1470	30	31	0.80	IE1	90.2 89.1	6.3	2.1 1.7	94	590
DRS180S4	15	98	1460	29	29.5	0.83	IE1	90.3 89.5	6.2	2.3 2	122	900
DRS180M4	18.5	121	1465	34.5	35.5	0.85	IE1	92.8 90	6.5	2.2 1.8	141	1110
DRS180L4	22	143	1465	41.5	42.5	0.84	IE1	91.2 90.5	6.9	2.4 2	152	1300
DRS180LC4	30	195	1470	57	59	0.84	IE1	92.0 90.9	5.6	1.8 1.5	161	1680
DRS200L4	30	194	1475	57	59	0.82	IE1	91.9 91.3	6.4	2.1 1.9	260	2360
DRS225S4	37	240	1475	70	72	0.82	IE1	92 91.6	7.1	2.4 1.9	295	2930
DRS225M4	45	290	1480	84	86	0.83	IE1	92.7 92.3	7.4	2.5 2.2	315	3430
DRS225MC4	55	355	1480	106	108	0.81	IE1	92.8 92.4	6.8	2.4 1.8	330	4330
DRS315K4	110	710	1482	200	210	0.84	IE1	94.2 94	6.1	2.2 1.7	850	18400
DRS315S4	132	850	1484	230	240	0.85	IE1	94.2 94.2	6.5	2.4 1.9	930	22500
DRS315M4	160	1030	1483	280	290	0.87	IE1	94.8 94.6	6.9	2.1 1.7	1090	27900
DRS315L4	200	1290	1481	350	375	0.88	IE1	94.9 94.6	6.4	2.1 1.7	1170	31900

1) Efficiency according to IEC 60034-2-1 Ed.1 (2007) / PLL from Residual Losses

2) Applies to foot-mounted motor (DRS.../Fl..)

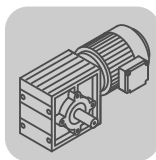
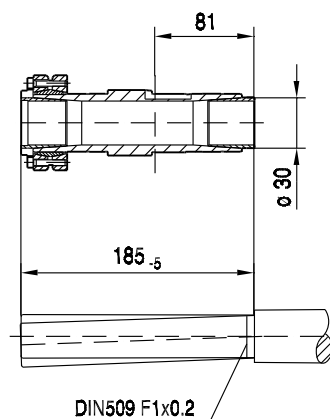
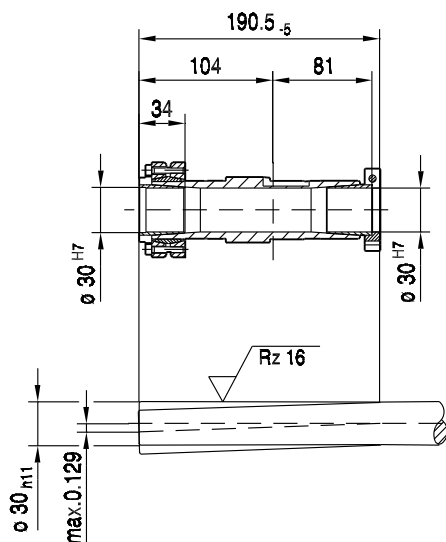
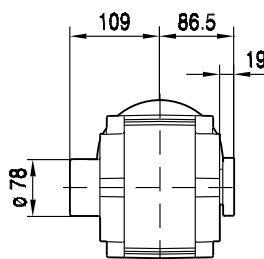
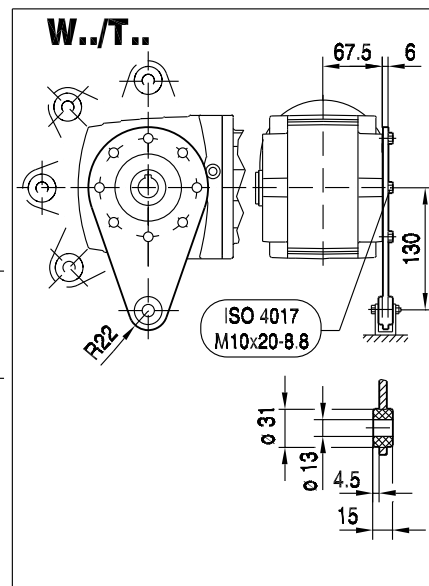
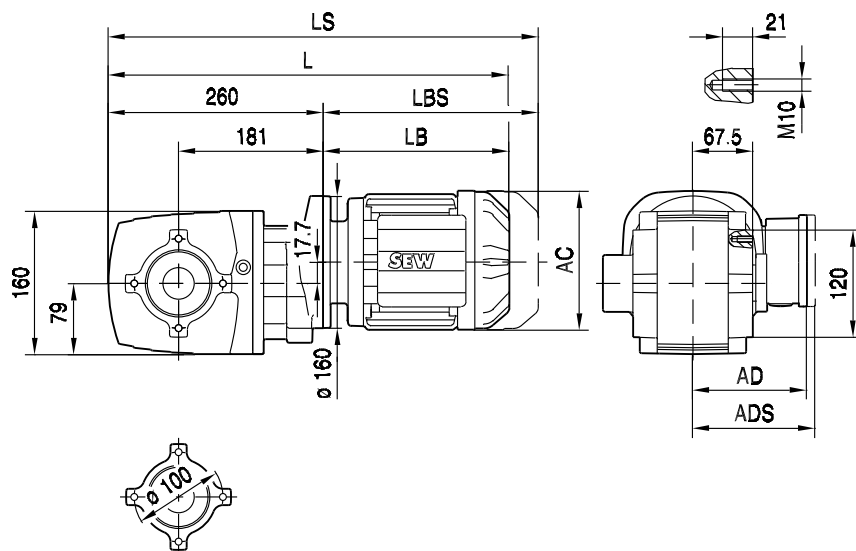


14 AC Brakemotors – Technical Data

14.1 Key to the data tables

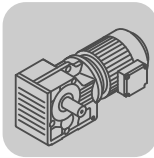
The following table lists the short symbols used in the "Technical Data DRS AC Brakemotors" tables.

P_N	Rated power
M_N	Rated torque
n_N	Rated speed
I_N	Rated current
$\cos\varphi$	Power factor
$\eta_{75\%}$	Efficiency at 75% of the rated power
$\eta_{100\%}$	Efficiency at 100% of the rated power
I_A/I_N	Starting current ratio
M_A/M_N	Starting torque ratio
M_H/M_N	Ramp-up torque ratio
m	Mass of the motor
J_{Mot}	Mass moment of inertia of the motor
BE..	Brake used
Z_0 BG	Starting frequency for operation with BG brake controller
Z_0 BGE	Starting frequency for operation with BGE brake controller
M_B	Braking torque
m_B	Mass of the brakemotor
J_{MOT_BE}	Mass moment of inertia of the brakemotor

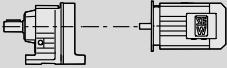


WT47..
20 049 01 08


(→ 131)	DR63..	DR71S	DR71M	DR80S	DR80M	DR90M	DR90L	DR100M	DR100L/LC	DR112M	DR132S
AC	132	139	139	156	156	179	179	197	197	221	221
AD	105	119	119	128	128	140	140	157	157	170	170
ADS	105	129	129	139	139	150	150	158	158	172	172
L	444	455	480	489	520	522	542	572	602	614	649
LS	499	523	548	570	601	615	635	665	695	726	761
LB	185	196	221	230	261	263	283	313	343	355	390
LBS	240	264	289	311	342	356	376	406	436	467	502

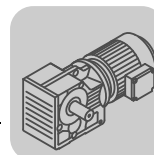
Anexo I.

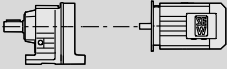



K..DRS **K..DRS [kW]**

P_m [kW]	n_a [1/min]	M_a [Nm]	i	$F_{Ra}^{1)}$ [N]	SEW f_B					m [kg]	
4.0	2.4	14900	610	76200	0.85	K	127R77	DRS	100LC4	495	523
	2.6	13400	549	78900	0.95	KF	127R77	DRS	100LC4	540	523
	3.0	11600	477	79900	1.10	KA	127R77	DRS	100LC4	465	523
	3.4	10200	418	80600	1.25	KAF	127R77	DRS	100LC4	500	523
	4.0	8890	364	65000	0.90	K KF KA KAF	107R77	DRS	100LC4	335	523
	4.6	7770	318	65000	1.05						
	5.0	6990	286	65000	1.15						
	5.8	6130	251	65000	1.30						
	6.5	5400	222	65000	1.50						
	7.4	4780	196	65000	1.65						
	8.3	4270	174	65000	1.70						
	9.4	3780	154	65000	1.90						
	10	3430	140	65000	2.1						
	7.2	4930	199	40000	0.85	K KF KA KAF	97R57 97R57 97R57 97R57	DRS DRS DRS DRS	100LC4 100LC4 100LC4 100LC4	205 225 185 210	523 523 523 523
	6.4	5930	146.07	82100	2.2	K	127	DRS	132S6	470	509
	6.9	5530	136.14	82200	2.4	KF	127	DRS	132S6	510	510
	7.7	4970	122.48	82300	2.6	KA	127	DRS	132S6	440	511
	8.5	4470	110.18	82400	2.9	KAF	127	DRS	132S6	475	510
	6.6	5830	143.47*	65000	1.35	K	107	DRS	132S6	305	504
	7.7	4930	121.46	65000	1.60	KF	107	DRS	132S6	320	505
	8.4	4560	112.41*	65000	1.75	KA	107	DRS	132S6	280	506
	9.3	4090	100.75	65000	1.95	KAF	107	DRS	132S6	305	505
	10	3690	90.96*	65000	2.2	K KF KA KAF	107	DRS	100LC4	295	504
	12	3210	121.46	65000	2.5						
	13	2970	112.41*	65000	2.7						
	14	2660	100.75	65000	3.0						
	16	2400	90.96*	65000	3.3						
	17	2180	82.61	65000	3.7						
	20	1930	73.30	65000	4.1						
	9.4	4050	153.21*	40000	1.05	K	97	DRS	100LC4	180	499
	10	3700	140.28	40000	1.15	KF	97	DRS	100LC4	200	500
	12	3270	123.93*	40000	1.30	KA KAF	97 97	DRS DRS	100LC4 100LC4	160 185	501 500
	14	2770	105.13	40000	1.55	K	97	DRS	100LC4	180	499
	15	2550	96.80	40000	1.70	KF	97	DRS	100LC4	200	500
	17	2280	86.52	40000	1.90	KA	97	DRS	100LC4	160	501
	19	2050	77.89*	40000	2.1	KAF	97	DRS	100LC4	185	500
	20	1860	70.54	40000	2.3	K KF KA KAF	87	DRS	100LC4	120	494
	12	3060	115.82	26800	0.90						
	14	2710	102.71*	27300	1.00						
	17	2280	86.34	27800	1.20						
	18	2090	79.34	28000	1.30	KAF	87	DRS	100LC4	120	495
	21	1860	70.46	28200	1.45	K	87	DRS	100LC4	120	494
	23	1660	63.00*	28300	1.60	KF	87	DRS	100LC4	130	495
	26	1490	56.64	28500	1.80	KA	87	DRS	100LC4	110	496
	29	1290	49.16	28600	2.1	KAF	87	DRS	100LC4	120	495
	33	1160	44.02	28200	2.2	K KF KA KAF	77	DRS	100LC4	85	489
	40	960	36.52*	27200	2.6						
	22	1710	64.75	14100	0.90						
	25	1540	58.34	15400	1.00						
	28	1350	51.18	16600	1.15						
	32	1190	45.16	17500	1.30	KA	77	DRS	100LC4	77	491
	36	1050	40.04	18100	1.45	KAF	77	DRS	100LC4	85	490
	38	1010	38.39	18300	1.50	K KF KA KAF	77	DRS	100LC4	85	489
	41	930	35.20	18600	1.65						
	47	810	30.89	18900	1.90						
	49	770	29.27	19100	2.0						
	56	675	25.62	19300	2.3						
	63	610	23.08	19500	2.5	KAF	77	DRS	100LC4	85	490
	71	535	20.25	19600	2.8	K KF KA KAF	67	DRS	100LC4	60	484
	48	795	30.22	10500	1.05						
	53	720	27.28	11100	1.15						
	60	630	24.00	11700	1.25						
	64	595	22.66	11900	1.30						

Anexo J.



P_m [kW]	n_a [1/min]	M_a [Nm]	i	$F_{Ra}^{1)}$ [N]	SEW f_B					m [kg]	
9.2	31	2870	47.93*	34400	1.50						
	35	2510	41.87	33900	1.70						
	38	2290	38.30	33500	1.85	K	97	DRS	132MC4	210	499
	43	2050	34.23	33000	2.1	KF	97	DRS	132MC4	230	500
	48	1840	30.82	32400	2.3	KA	97	DRS	132MC4	190	501
	53	1670	27.91	31900	2.6	KAF	97	DRS	132MC4	215	500
	59	1480	24.75	31200	2.9						
	30	2940	49.16	22000	0.90	K	87	DRS	132MC4	150	494
	33	2630	44.02	22200	1.00	KF	87	DRS	132MC4	160	495
	40	2190	36.52*	22200	1.15	KA	87	DRS	132MC4	140	496
	47	1880	31.39	22100	1.45	KAF	87	DRS	132MC4	150	495
	53	1670	27.88	21900	1.55						
	59	1490	24.92	21600	1.65						
	65	1340	22.41	21400	1.70						
	75	1160	19.45	21000	1.95	K	87	DRS	132MC4	150	494
	84	1040	17.42	20600	2.1	KF	87	DRS	132MC4	160	495
	92	950	16.00	19700	1.90	KA	87	DRS	132MC4	140	496
	101	860	14.45	20000	2.4	KAF	87	DRS	132MC4	150	495
	117	750	12.56	19500	2.7						
	131	665	11.17	18600	2.2						
	147	595	10.00	18200	2.5						
	63	1380	23.08	16500	1.10	K	77	DRS	132MC4	115	489
	72	1210	20.25	17400	1.25	KF	77	DRS	132MC4	120	490
	82	1070	17.87	17600	1.35	KA	77	DRS	132MC4	105	491
	93	940	15.84	17300	1.45	KAF	77	DRS	132MC4	115	490
	108	810	13.52	17000	1.65						
	119	740	12.36	16200	1.35	K	77	DRS	132MC4	115	489
	135	645	10.84	16000	1.50	KF	77	DRS	132MC4	120	490
	153	570	9.56	15600	1.65	KA	77	DRS	132MC4	105	491
	173	505	8.48	15300	1.75	KAF	77	DRS	132MC4	115	490
	202	430	7.24	14900	1.90						
11.0	1.8	55200	835	190000	0.90						
	2.0	48000	729	190000	1.05						
	2.4	40900	622	190000	1.20	K	187R107	DRS	160M4	1880	523
	2.8	34700	520	190000	1.45	KH	187R107	DRS	160M4	1810	523
	3.2	30200	454	190000	1.65						
	4.1	23300	355	190000	2.1						
	2.0	49000	738	190000	1.00	K	187R97	DRS	160M4	1830	523
	2.4	41200	621	190000	1.20	KH	187R97	DRS	160M4	1770	523
	2.8	34800	527	190000	1.45						
	4.6	21200	318	150000	1.50						
	5.3	18400	278	150000	1.75	K	167R107	DRS	160M4	1300	523
	6.0	16000	244	150000	2.0	KH	167R107	DRS	160M4	1260	523
	6.8	13900	213	150000	2.3						
	7.1	13600	206	150000	2.4						
	2.6	37000	561	150000	0.85						
	3.0	31900	481	150000	1.00	K	167R97	DRS	160M4	1250	523
	3.4	27900	423	150000	1.15	KH	167R97	DRS	160M4	1210	523
	4.0	24400	369	150000	1.30						
	4.4	22000	333	109900	0.80	K	157R97	DRS	160M4	860	523
	5.0	19200	291	111500	0.95	KF	157R97	DRS	160M4	940	523
						KA	157R97	DRS	160M4	820	523
						KAF	157R97	DRS	160M4	880	523
	6.8	14100	213	77600	0.90	K	127R87	DRS	160M4	560	523
	7.3	13400	200	78900	0.90	KF	127R87	DRS	160M4	610	523
	8.8	11100	166	80100	1.05	KA	127R87	DRS	160M4	540	523
	10.0	9860	147	80700	1.20	KAF	127R87	DRS	160M4	570	523
	8.9	11800	164.50	150000	2.7	K	167	DRS	160M4	1130	519
	11	9710	134.99	150000	3.3	KH	167	DRS	160M4	1090	520
	9.7	10800	150.41	115100	1.65	K	157	DRS	160M4	730	514
	12	8800	122.39	115600	2.0	KF	157	DRS	160M4	810	515
	15	7210	100.22	115900	2.5	KA	157	DRS	160M4	700	516
	16	6590	91.65	116100	2.7	KAF	157	DRS	160M4	750	515

Anexo K.

Load case II – Suction pad horizontal, direction of force horizontal

The workpiece (in this case the steel sheet with the dimensions 2.5 x 1.25 m) is lifted up vertically and transported horizontally. The acceleration is 5 m/s².

$$F_{TH} = m \times (g + a/\mu) \times S$$

F_{TH} = theoretical holding force [N]

F_a = Acceleration force = $m \cdot a$

m = Weight [kg]

g = Gravity [9.81 m/s²]

a = Acceleration [m/s²] of the system (keep in mind Emergency Stop situations!)

μ = Friction coefficient = 0.1 for oily surfaces
= 0.2 to 0.3 for wet surfaces
= 0.5 for wood, metal, glass, stone etc.
= 0.6 for rough surfaces

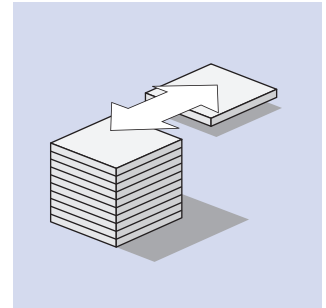
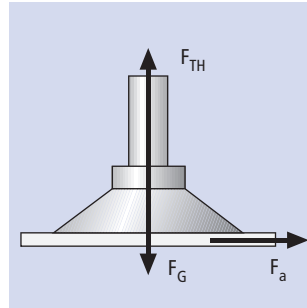
Caution! The specified values for friction coefficient are averaged and must be checked for the individual workpiece!

S = Safety (minimum value 1.5 times safety, for critical, diverse or varied or porous materials or rough surfaces 2.0 or even higher)

Our example:

$$F_{TH} = 61.33 \text{ kg} \times (9.81 \text{ m/s}^2 + 5 \text{ m/s}^2 / 0.5) \times 1.5$$

$$F_{TH} = 1,822 \text{ N}$$



The suction pads land on a workpiece horizontally that is to be moved to the side.

Load case III – Suction pad vertical, direction of force vertical

Description of load case: The workpiece (in this case the steel sheet with the dimensions 2.5 x 1.25 m) is picked up from a pallet and moved with a rotary motion at an acceleration of 5 m/s².

$$F_{TH} = (m/\mu) \times (g + a) \times S$$

F_{TH} = theoretical holding force [N]

m = Weight [kg]

g = Gravity [9.81 m/s²]

a = Acceleration [m/s²] of the plant (keep in mind Emergency Stop situations!)

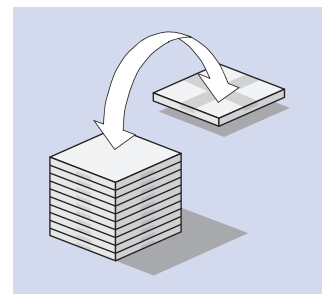
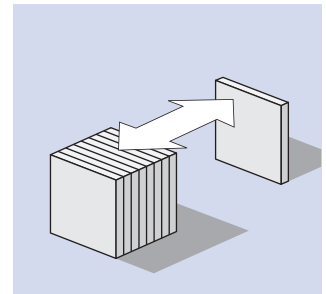
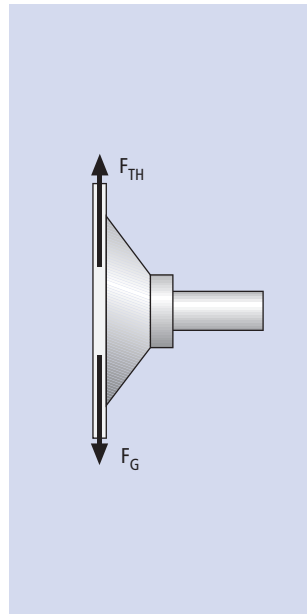
μ = Friction coefficient = 0.1 for oily surfaces
= 0.2 to 0.3 for wet surfaces
= 0.5 for wood, metal, glass, stone etc.
= 0.6 for rough surfaces

S = Safety (minimum value 2.0 times safety, for critical, diverse or varied or porous materials or rough surfaces even higher)

Our example:

$$F_{TH} = (61.33 \text{ kg} / 0.5) \times (9.81 \text{ m/s}^2 + 5 \text{ m/s}^2) \times 2$$

$$F_{TH} = 3,633 \text{ N}$$



Comparison:

For our scenario, the workpiece is lifted off a pallet, moved to the side and placed on a machining center. The rotary motion from load case III is not needed in this application, therefore one only needs to consider the result from load case II.

The result in this case is a maximum theoretical holding force (F_{TH}) of 1,822 N. This theoretical holding force acts on the suction pad during horizontal transport of the workpiece. The following calculations are based on this value to safely solve the task.

Anexo L.

Suction rate of vacuum generator

The diameter of the suction pad determines the suction rate that a vacuum generator has to apply to evacuate the suction pad. The suitable suction rate is described in the table "Technical data" of the respective vacuum generator. Based on experience and measurements with system designs, we recommend a selection based on the following table:

Suction capacity as a function of suction-pad diameter		
Suction-pad Ø	Suction capacity V_S	
Up to 60 mm	0.5 m ³ /h	8.3 l/min
Up to 120 mm	1.0 m ³ /h	16.6 l/min
Up to 215 mm	2.0 m ³ /h	33.3 l/min
Up to 450 mm	4.0 m ³ /h	66.6 l/min

Note:

The specified values apply regardless of the type of vacuum generation. The recommended suction ratio applies per suction pad and only for smooth, air-tight surfaces. For porous, permeable workpieces we recommend conducting a corresponding suction trial with the original workpiece.

Calculation of the suction rate V [m³/h, l/min], that the vacuum generator has to apply

$$V = n \times V_S$$

n = Number of suction pads

V_S = Required suction rate for an individual suction pad [m³/h, l/min]

Example: $V = 6 \times 16,6 \text{ l/min}$
 $V = 99.6 \text{ l/min}$

For this example we choose:

Compact ejector SCPi 20 with a suction rate of 140 l/min.

The compact ejector offers valves for control of the "suction" and "blow off" functions as well as system monitoring for ensuring process safety during handling. The compact ejector SCPi is also equipped with IO-Link Technology. It makes the various diagnostic functions visible and usable on the control level. This increases system availability and makes automation processes even more efficient.

Valve Technology Selection

In this case we are using a compact ejector with integrated valve technology. In other cases we need solenoid valves to switch the function "Vacuum on/off". They are usually used when pumps or blowers are used as vacuum generators.

The selection of the valves is based on the following criteria:

- Suction rate of vacuum generator
- Control voltage
- Operating principle of the valve (NO/NC)

The nominal flow of the solenoid valve may not be less than the suction ratio of the vacuum generator.



Anexo M.

Dry-Running Vacuum Pumps EVE-TR

Suction rate from 2.3 m³/h to 244 m³/h

Technical Data Dry-Running Vacuum Pumps EVE-TR

Type	Max. vacuum [mbar]	Suction rate at DC [m³/h]	Suction rate at 50 Hz [m³/h]	Suction rate at 60 Hz [m³/h]	Voltage (DC)	Voltage (50 Hz)	Voltage (60 Hz)
EVE-TR-M 2.3 DC 12	-780	2.3	-	-	12V - DC	-	-
EVE-TR-M 2.3 DC 24	-780	2.3	-	-	24V - DC	-	-
EVE-TR 4 AC	-850	-	4.1	4.7	-	230V±10%	230V±10%
EVE-TR 4 AC3	-850	-	4.1	4.7	-	175-260V or 300-450V	200-300V or 350-520V
EVE-TR-T 4 AC	-850	-	4.0	4.7	230V - AC	-	-
EVE-TR 8 AC	-850	-	7.6	8.7	-	230V±10%	230V±10%
EVE-TR 8 AC3	-850	-	7.6	8.7	-	175-260V or 300-450V	200-300V or 350-520V
EVE-TR 8 DC	-830	8.0	-	-	24V - DC	-	-
EVE-TR 10 AC	-850	-	10.0	12.0	-	230V±10%	230V±10%
EVE-TR 10 AC3	-850	-	10.0	12.0	-	175-260V or 300-450V	200-300V or 350-520V
EVE-TR 16 AC	-850	-	16.0	19.0	-	230V±10%	230V±10%
EVE-TR 16 AC3	-850	-	16.0	19.0	-	175-260V or 300-450V	200-300V or 350-520V
EVE-TR 25 AC3	-850	-	25.0	30.0	-	190-255V/330-440V AC3	190-290V/330-500V AC3
EVE-TR 40 AC3	-850	-	40.0	48.0	-	190-255V or 330-440V	190-290V or 330-500V
EVE-TR 80 AC3	-920	-	67.0	80.0	-	190-255V or 330-440V	190-290V or 330-500V
EVE-TR 100 AC3	-920	-	98.0	112.0	-	190-255V or 330-440V	190-290V or 330-500V
EVE-TR 140 AC3	-920	-	129.0	154.0	-	190-255V or 330-440V	190-290V or 330-500V
EVE-TR 250 AC3	-800	-	244.0	286.0	-	340-430V or 590-745V	340-500V or 590-865V

*Specifications for 230 V / 230 V or 400 V

Type	Current range (50 Hz)*	Current range (60 Hz)*	Rated power [kW] at 50 Hz	Rated power [kW] at 60 Hz	Protection IP	Weight [kg]	Noise level at 50 Hz [dB]
EVE-TR-M 2.3 DC 12	-	-	-	-	IP 54	1.3	65
EVE-TR-M 2.3 DC 24	-	-	-	-	IP 54	1.3	65
EVE-TR 4 AC	1.65A	1.65A	0.18	0.22	IP 54	7.0	59
EVE-TR 4 AC3	1,08A or 0,62A	1,08A or 0,62A	0.18	0.22	IP 54	7.0	59
EVE-TR-T 4 AC	1.65A	-	0.18	0.22	IP 54	8.5	59
EVE-TR 8 AC	3.9A	3.4A	0.35	0.42	IP 54	11.5	58
EVE-TR 8 AC3	2,35A or 1,36A	2,4A or 1,4A	0.35	0.42	IP 54	11.5	58
EVE-TR 8 DC	-	-	-	-	IP 54	7.5	70
EVE-TR 10 AC	3.0A	3.4A	0.37	0.44	IP 54	16.0	60
EVE-TR 10 AC3	2,3A or 1,33A	2,35A or 1,36A	0.37	0.45	IP 54	16.0	60
EVE-TR 16 AC	4.6A	5.2A	0.55	0.66	IP 54	22.4	61
EVE-TR 16 AC3	3,8A or 2,2A	3,9A or 2,25A	0.55	0.70	IP 54	22.4	61
EVE-TR 25 AC3	3,5-4,2A / 2,0-2,4A	4,0-3,6A / 2,3-2,1A	0.75	0.90	IP 55	26.0	62
EVE-TR 40 AC3	6,9A or 4,0A	6,9A or 4,0A	1.25	1.50	IP 55	38.5	67
EVE-TR 80 AC3	10,6-11,4A or 6,1-6,6A	12,6-10,6A or 7,3-6,1A	2.40	3.00	IP 54	69.0	72
EVE-TR 100 AC3	13,0-13,6A or 7,5-7,9A	15,5-12,4A or 8,9-7,2A	3.00	3.50	IP 54	101.0	75
EVE-TR 140 AC3	17,2-21,9A or 9,9-12,7A	20,5-19,0A or 11,8-11,0A	4.00	4.80	IP 54	111.0	76
EVE-TR 250 AC3	15,0-16,0A or 8,7-9,3A	16,8-15,3A or 9,7-8,8A	5.50	6.40	IP 55	250.0	77

*Specifications for 230 V / 230 V or 400 V

Anexo N.

Flat Suction Pads (Round)



Suction Plates SPK

Suction area (Ø) from 55 mm to 250 mm

Designation Code Suction Plates SPK

Abbreviated designation	Suction area Ø in mm	Material and Shore hardness	Connection thread
Example SPK 110 MOS-15 G1/2-IG:			
SPK	110	MOS-15	G1/2-IG
SPK	55 to 250	MOS-15	G1/4-IG (IG = female (F)) G1/2-IG

Ordering Data Suction Plates SPK

Suction plate SPK (sealing ring + support plate) is delivered assembled. The assembly consists of:

- Sealing ring of type DR-SPK – elastomer part, available in various diameters
- Aluminium support plate, available with various threads

Available spare parts: sealing ring DR-SPK

Available accessories: sensing valve

Suction Plates SPK

Type	Part Number
SPK 55 MOS-15 G1/4-IG	10.01.01.12060
SPK 80 MOS-15 G1/4-IG	10.01.01.12061
SPK 110 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12062
SPK 160 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12063
SPK 200 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12064
SPK 250 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12065

Ordering Data Spare Parts And Accessories Suction Plates SPK

Type	Sealing ring DR-SPK	Sensing valve
SPK 55 MOS-15 G1/4-IG	10.01.01.12072	-
SPK 80 MOS-15 G1/4-IG	10.01.01.12073	10.05.10.00061
SPK 110 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12074	10.05.10.00061
SPK 160 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12075	10.05.10.00061
SPK 200 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12076	10.05.10.00038
SPK 250 MOS-15 G1/2-IG	10.01.01.12077	10.05.10.00038

Technical Data Suction Plates SPK

Type	Suction force [N]*	Volume [cm³]	Min. curve radius [mm] (convex)	Recom. internal hose diameter d [mm]**
SPK 55 MOS-15 G1/4-IG	121	15	250	9
SPK 80 MOS-15 G1/4-IG	256	32	300	9
SPK 110 MOS-15 G1/2-IG	471	67	-	12
SPK 160 MOS-15 G1/2-IG	1060	128	-	12
SPK 200 MOS-15 G1/2-IG	1700	198	-	12
SPK 250 MOS-15 G1/2-IG	2714	305	-	12

*The specified suction forces are theoretical values at a vacuum of -0.6 bar and with a smooth, dry workpiece surface - they do not include a safety factor

**The recommended hose diameter refers to a hose length of approx. 2 m

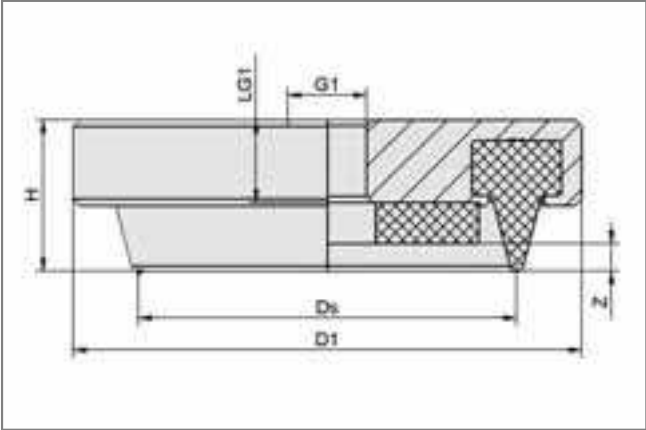
Flat Suction Pads (Round)

Suction Plates SPK

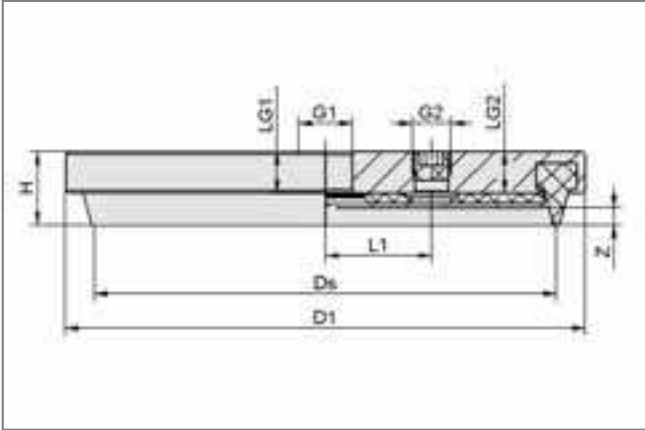
Suction area (Ø) from 55 mm to 250 mm



Design Data Suction Plates SPK



SPK 55



SPK 80 to 250

Type	Dimensions in mm*								
	D1	Ds	G1	G2**	H	L1	LG1	LG2	Z (Stroke)
SPK 55 MOS-15 G1/4-IG	70	55	G1/4"-F	-	22.0	-	11.5	-	4
SPK 80 MOS-15 G1/4-IG	95	80	G1/4"-F	G1/4"-F	22.0	22.0	11.5	11.5	4
SPK 110 MOS-15 G1/2-IG	130	110	G1/2"-F	G1/4"-F	25.5	36.5	14.5	14.5	6
SPK 160 MOS-15 G1/2-IG	179	159	G1/2"-F	G1/4"-F	25.5	36.5	14.5	14.5	6
SPK 200 MOS-15 G1/2-IG	219	199	G1/2"-F	G1/2"-F	25.5	76.0	14.5	14.5	6
SPK 250 MOS-15 G1/2-IG	269	249	G1/2"-F	G1/2"-F	25.5	76.0	14.5	14.5	6

*Acceptable dimensional tolerances for rubber sealings concerning to DIN 3302 - M4

**A plug is fitted in this connection in the factory

Flat Suction Pads (Round)



Suction Plates SPK

Suction area (Ø) from 55 mm to 250 mm



Suitability for Industry-Specific Applications

Applications

- Round suction plate for handling of objects with very rough or structured surfaces (such as ornamental glass, checker plate, broken natural stone, etc.)
- Deactivation of unused suction plates by sensing valves (accessory)

Design

- Robust and wear-resistant suction plate SPK, consisting of flexible MOS sealing ring made of EPDM and aluminium base plate
- Sealing ring without seams
- Sealing ring is securely clipped into the base plate
- When worn, the sealing ring can be replaced separately
- Lower side of base plate with elastomer insert to prevent damage to workpieces
- Threaded hole for vacuum connection or sensing valve (off-center) sealed with a plug in the factory
- Sensing valve can be ordered as an accessory and is easily mounted, use medium-strength locking compound

Our Highlights...

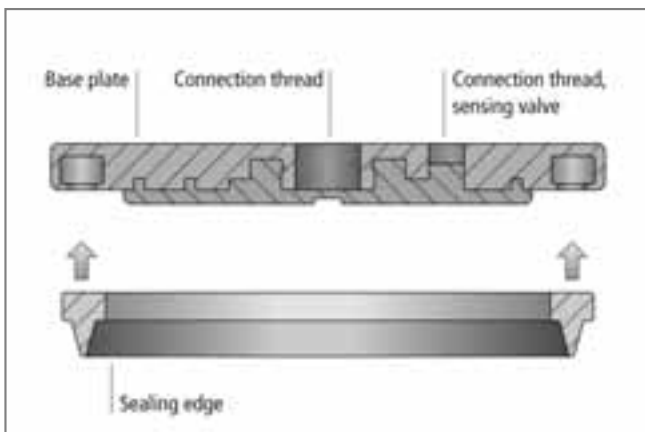
- Sealing lip made of flexible EPDM
- Sealing ring clipped securely into the mounting plate
- Support on the bottom
- Low intrinsic volume
- Wide range of different diameters

Your Benefits...

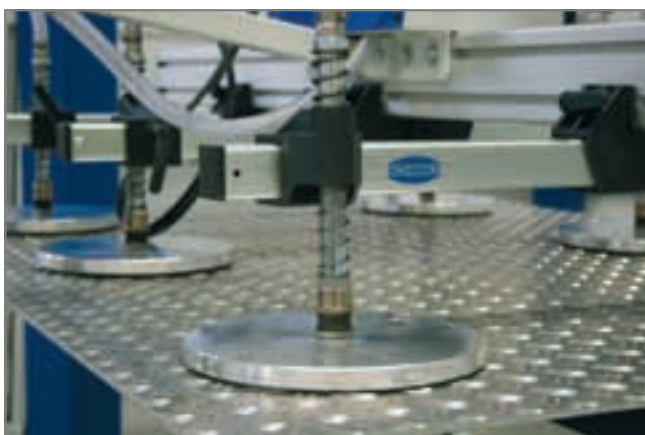
- > Optimal adaptation to structured surfaces
- > Quick replacement of the sealing element
- > No permanent deformation of thin-walled workpieces
- > Very short cycle times
- > Wide range of pads for handling different workpieces



Suction plates SPK



System design suction plates SPK



Suction plates SPK being used for handling corrugated sheet metal

Anexo O.

3.5 Disposição dos furos de parafusos e de rebites

(1) As distâncias máxima e mínima, quer entre eixos dos parafusos e rebites, quer aos bordos e às extremidades das peças, são as indicadas no Quadro 3.3.

(2) Para as distâncias máxima e mínima, quer entre eixos dos parafusos e rebites, quer aos bordos, caso se trate de estruturas sujeitas a fadiga, ver a EN 1993-1-9.

Quadro 3.3 – Distância mínima e máxima entre eixos, distâncias às extremidades e aos bordos

Distâncias e entreeixos, ver a Figura 3.1	Mínimo	Máximo ^{1) 2) 3)}		
		Estruturas feitas de aços respeitando a EN 10025 com excepção dos aços respeitando a EN 10025-5		Estruturas feitas de aços conformes à EN 10025-5
		Aço exposto à atmosfera ou a outras influências corrosivas	Aço não exposto à atmosfera ou a outras influências corrosivas	Aço utilizado sem protecção
Distância à extremidade e_1	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		O maior dos valores $8t$ ou 125 mm
Distância ao bordo lateral e_2	$1,2d_0$	$4t + 40$ mm		O maior dos valores $8t$ ou 125 mm
Distância e_3 para furos ovalizados	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Distância e_4 para furos ovalizados	$1,5d_0$ ⁴⁾			
Distância entre eixos p_1	$2,2d_0$	O menor dos valores $14t$ ou 200 mm	O menor dos valores $14t$ ou 200 mm	O menor dos valores $14t_{\min}$ ou 175 mm
Distância entre eixos $p_{1,0}$		O menor dos valores $14t$ ou 200 mm		
Distância entre eixos $p_{1,i}$		O menor dos valores $28t$ ou 400 mm		
Distância entre eixos p_2 ⁵⁾	$2,4d_0$	O menor dos valores $14t$ ou 200 mm	O menor dos valores $14t$ ou 200 mm	O menor dos valores $14t_{\min}$ ou 175 mm

¹⁾ Não existem valores máximos tanto para as distâncias entre eixos dos furos como para as distâncias à extremidade e ao bordo lateral, excepto nos seguintes casos:

- para elementos comprimidos a fim de evitar a encurvadura local e impedir a corrosão dos elementos expostos (os valores limites são fornecidos neste Quadro); e
- para elementos traccionados expostos a fim de impedir a corrosão (os valores limites são fornecidos neste Quadro).

²⁾ A resistência ao enfunamento local da chapa comprimida entre as peças da ligação deverá ser calculada de acordo com a EN 1993-1-1, utilizando $0,6 p_1$ para comprimento de encurvadura. Não é necessário verificar o enfunamento local entre as peças de ligação no caso de p_1/t ser inferior a 9ϵ . A distância ao bordo lateral não deverá exceder os requisitos relativos ao enfunamento para um elemento saliente de uma peça comprimida, ver a EN 1993-1-1. A distância à extremidade não é afectada por este requisito.

³⁾ t espessura da peça exterior ligada de menor espessura.

⁴⁾ Os limites das dimensões dos furos ovalizados são indicados em 1.2.7 - Norma de referência, Grupo 7.

⁵⁾ Para linhas de peças de ligação dispostas em quincôncio, poderá utilizar-se um espaçamento mínimo entre linhas de $p_2 = 1,2d_0$, desde que a distância mínima, L , entre quaisquer duas peças de ligação seja igual ou superior a $2,4d_0$, ver a Figura 3.1b).

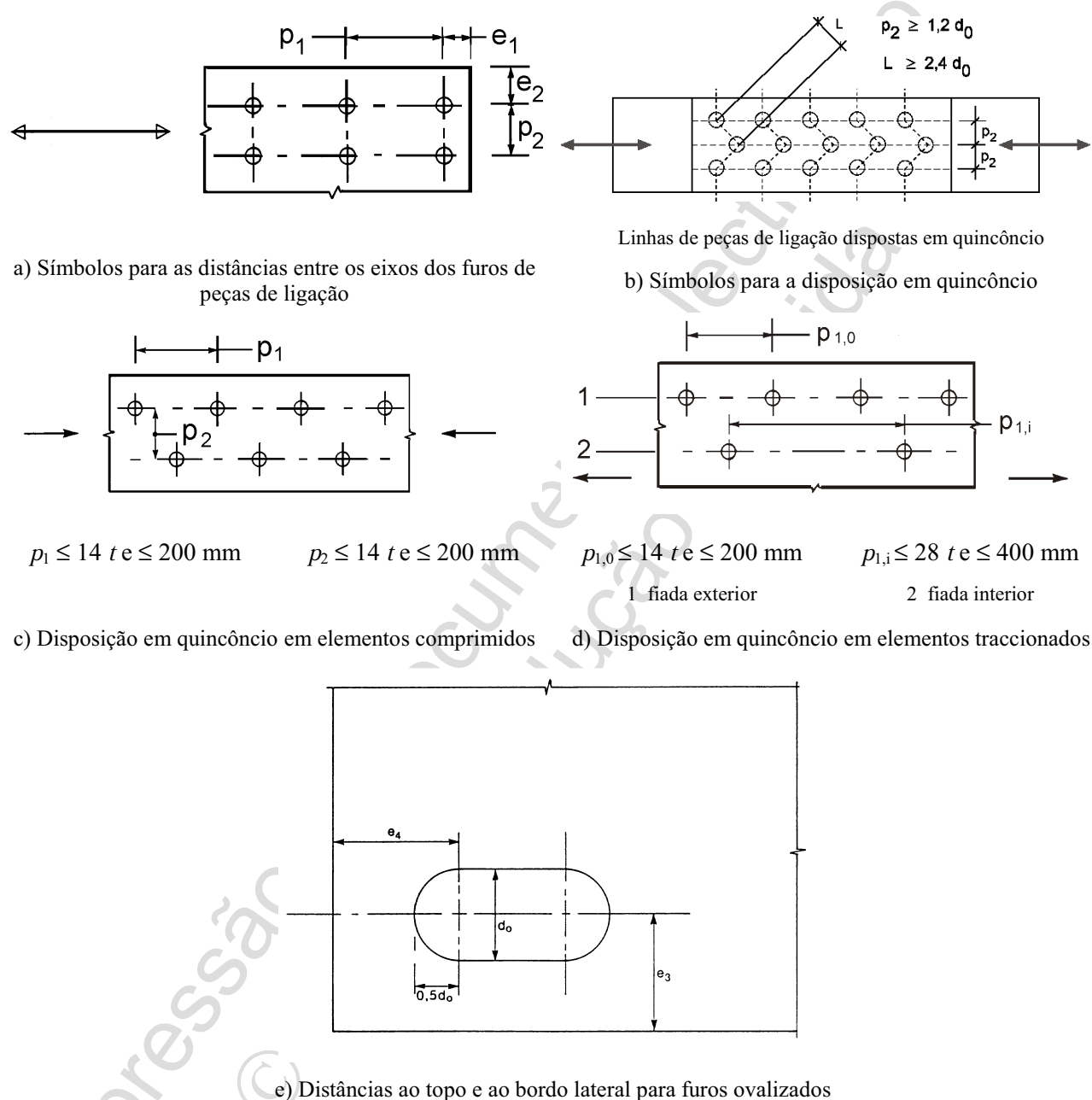


Figura 3.1 – Símbolos para as distâncias ao extremo e ao bordo lateral e para os espaçamentos das peças de ligação

3.6 Valor de cálculo da resistência individual das peças de ligação

3.6.1 Parafusos e rebites

(1) O valor de cálculo da resistência de uma peça de ligação sujeita a corte e/ou a tracção é indicado no Quadro 3.4.

(2) No caso de parafusos pré-esforçados em conformidade com 3.1.2(1), o valor de cálculo do pré-esforço, $F_{p,Cd}$, a utilizar nos cálculos de dimensionamento deverá ser considerado igual a:

Quadro 3.4 – Valor de cálculo da resistência individual de peças de ligação solicitadas ao corte e/ou à tracção

Modo de rotura	Parafusos	Rebites
Resistência ao corte por plano de corte	$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}}$ <p>– quando o plano de corte atravessa a parte roscada do parafuso (A é a área da secção resistente do parafuso A_s):</p> <p>– para as classes 4.6, 5.6 e 8.8: $\alpha_v = 0,6$</p> <p>– para as classes 4.8, 5.8, 6.8 e 10.9: $\alpha_v = 0,5$</p> <p>– quando o plano de corte atravessa a parte não roscada do parafuso (A é a área da secção transversal bruta do parafuso): $\alpha_v = 0,6$</p>	$F_{v,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Resistência ao esmagamento 1), 2), 3)	$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}}$ em que α_b é o menor dos valores α_d , $\frac{f_{ub}}{f_u}$ e 1,0; na direcção de transmissão dos esforços: <p>– para parafusos de extremidade: $\alpha_d = \frac{e_1}{3d_0}$</p> <p>– para parafusos interiores: $\alpha_d = \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}$</p> perpendicularmente à direcção de transmissão dos esforços: <p>– para parafusos de extremidade: k_1 é o menor dos valores</p> $2,8 \frac{e_2}{d_0} - 1,7; \quad 1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \quad \text{e} \quad 2,5$ <p>– para parafusos interiores: k_1 é o menor dos valores $1,4 \frac{p_2}{d_0} - 1,7$ e 2,5</p>	
Resistência à tracção ²⁾	$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>em que $k_2 = 0,63$ para parafusos com cabeça de embeber, nos outros casos $k_2 = 0,9$</p>	$F_{t,Rd} = \frac{0,6 f_{ur} A_0}{\gamma_{M2}}$
Resistência ao punçoamento	$B_{p,Rd} = 0,6 \pi d_m t_p f_u / \gamma_{M2}$	Não é necessária verificação
Combinação de corte com tracção	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 F_{t,Rd}} \leq 1,0$	

1) A resistência ao esmagamento $F_{b,Rd}$ dos parafusos aplicados:

- em furos sobredimensionados é 0,8 vezes a resistência ao esmagamento dos parafusos em furos normalizados;
- em furos ovalizados, em que o eixo longitudinal do furo ovalizado é perpendicular à direcção dos esforços, é 0,6 vezes a resistência ao esmagamento dos parafusos aplicados em furos circulares normalizados.

2) Para parafusos com cabeça de embeber:

- a resistência ao esmagamento, $F_{b,Rd}$, deverá calcular-se para uma espessura de chapa t igual à espessura da chapa ligada diminuída de metade da profundidade do escareamento (altura da cabeça embebida do parafuso);
- para a determinação da resistência à tracção $F_{t,Rd}$, o ângulo e a profundidade do escareamento (altura da cabeça embebida do parafuso) deverão obedecer a 1.2.4 - Normas de referência, Grupo 4. Caso contrário a resistência à tracção $F_{t,Rd}$ deverá ser ajustada em conformidade.

3) Quando a força aplicada a um parafuso não é paralela ao bordo, a resistência ao esmagamento poderá ser verificada separadamente para as componentes, paralela e perpendicular ao bordo do esforço aplicado.

Anexo P.

2 Bases de projecto

2.1 Pressupostos

(1) Os métodos de cálculo fornecidos na presente Norma admitem que a qualidade de execução respeita o que está especificado nas normas de execução listadas em 1.2 e que os materiais e os produtos de construção empregues são os especificados na EN 1993 ou em especificações de materiais e produtos aplicáveis.

2.2 Requisitos gerais

(1)P Todas as juntas devem ter uma resistência de cálculo tal que a estrutura seja capaz de satisfazer todos os requisitos fundamentais de projecto definidos na presente Norma e na EN 1993-1-1.

(2) Os coeficientes parciais de segurança, γ_M , para as juntas são fornecidos no Quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Coeficientes parciais de segurança para as ligações

Resistência dos elementos e das secções transversais	γ_{M0} , γ_{M1} e γ_{M2} ver a EN 1993-1-1
Resistência dos parafusos	γ_{M2}
Resistência dos rebites	
Resistência das cavilhas	
Resistência das soldaduras	
Resistência das chapas ao esmagamento	
Resistência ao escorregamento:	γ_{M3}
– no estado limite último (Categoria C)	
– no estado limite de utilização (Categoria B)	$\gamma_{M3,ser}$
Resistência ao esmagamento de um parafuso injectado	γ_{M4}
Resistência das juntas entre perfis tubulares em vigas trianguladas	γ_{M5}
Resistência das cavilhas no estado limite de utilização	$\gamma_{M6,ser}$
Pré-esforço dos parafusos de alta resistência	γ_{M7}
Resistência do betão	γ_c ver a EN 1992

NOTA: Os valores numéricos de γ_M poderão ser definidos no Anexo Nacional. Os valores recomendados são: $\gamma_{M2} = 1,25$; $\gamma_{M3} = 1,25$ e $\gamma_{M3,ser} = 1,1$; $\gamma_{M4} = 1,0$; $\gamma_{M5} = 1,0$; $\gamma_{M6,ser} = 1,0$; $\gamma_{M7} = 1,1$.

(3)P As juntas sujeitas a fadiga devem também satisfazer os princípios estabelecidos na EN 1993-1-9.

2.3 Esforços aplicados

(1)P A determinação dos esforços aplicados às juntas no estado limite último deve ser feita em conformidade com os princípios da EN 1993-1-1.

2.7 Excentricidades nas intersecções

(1) Quando existem excentricidades nas intersecções, as juntas e os elementos deverão ser dimensionados tendo em conta os esforços daí resultantes, excepto em certos tipos particulares de estruturas para as quais se tenha demonstrado que tal não é necessário, ver 5.1.5.

(2) No caso de juntas de cantoneiras ou de secções em T, unidas quer por uma fiada única de parafusos quer por duas fiadas, qualquer eventual excentricidade deverá ser tida em conta conforme indicado em 2.7(1). As excentricidades no plano e fora do plano deverão ser determinadas considerando as posições relativas, do centro de gravidade do elemento e dos alinhamentos das furações no plano da ligação (ver a Figura 2.1). No caso de uma única cantoneira traccionada ligada por parafusos colocados numa aba, poderá ser utilizado o método simplificado de cálculo descrito em 3.10.3.

NOTA: O efeito da excentricidade em cantoneiras utilizadas como elementos de triangulação comprimidos está descrito na EN 1993-1-1, Anexo BB.1.2.

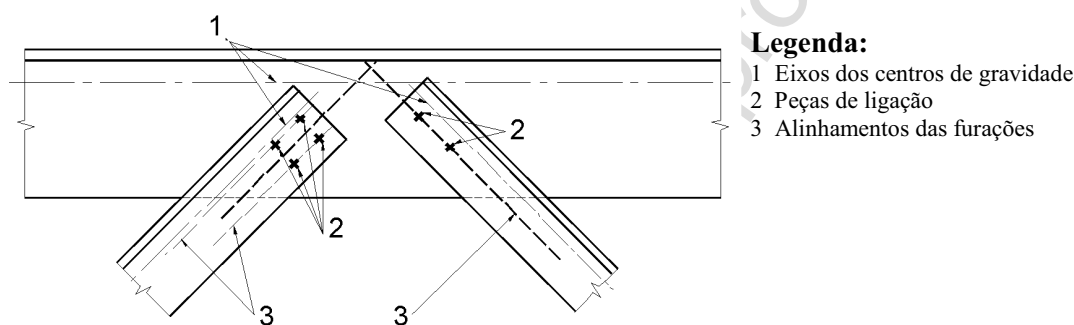


Figura 2.1 – Alinhamentos das furações

3 Ligações com parafusos, rebites ou cavilhas

3.1 Parafusos, porcas e anilhas

3.1.1 Generalidades

(1) Todos os parafusos, porcas e anilhas deverão obedecer aos requisitos de 1.2.4 - Normas de referência, Grupo 4.

(2) As regras da presente Norma são válidas para as classes de parafusos indicadas no Quadro 3.1.

(3) A tensão de cedência f_{yb} e a tensão de rotura à tracção f_{ub} para as classes de parafusos 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8 e 10.9 são as indicadas no Quadro 3.1. Nos cálculos de dimensionamento, estes valores deverão ser adoptados como valores característicos.

Quadro 3.1 – Valores nominais da tensão de cedência, f_{yb} , e da tensão de rotura à tracção, f_{ub} , para parafusos

Classe do parafuso	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	400	480	640	900
f_{ub} (N/mm ²)	400	400	500	500	600	800	1000

NOTA: O Anexo Nacional poderá excluir certas classes de parafusos.

3.9.3 Ligações híbridas

(1) Como excepção a 2.4(3), poderá admitir-se que os parafusos pré-esforçados das classes 8.8 e 10.9 nas ligações calculadas como resistentes ao escorregamento no estado limite último (categoria C de 3.4) transmitem a força de escorregamento conjuntamente com as soldaduras, desde que o aperto final dos parafusos seja efectuado após a execução da soldadura.

3.10 Redução da resistência dos elementos devida aos furos das ligações

3.10.1 Generalidades

(1) No cálculo dos elementos, as reduções da resistência devidas à existência dos furos deverão ser efectuadas de acordo com a EN 1993-1-1.

3.10.2 Resistência à rotura do bloco

(1) O destacamento do bloco é uma rotura por corte na fiada de parafusos situada na secção solicitada ao corte do grupo de furos, acompanhada da rotura por tracção ao longo da linha dos furos situada na superfície traccionada da periferia do grupo de parafusos. A Figura 3.8 exemplifica o destacamento do bloco.

(2) Para um grupo de parafusos simétricos sujeito a um carregamento centrado, o valor de cálculo da resistência ao destacamento do bloco, $V_{eff,1,Rd}$, é obtido por:

$$V_{eff,1,Rd} = f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + (1 / \sqrt{3}) f_y A_{nv} / \gamma_{M0} \quad (3.9)$$

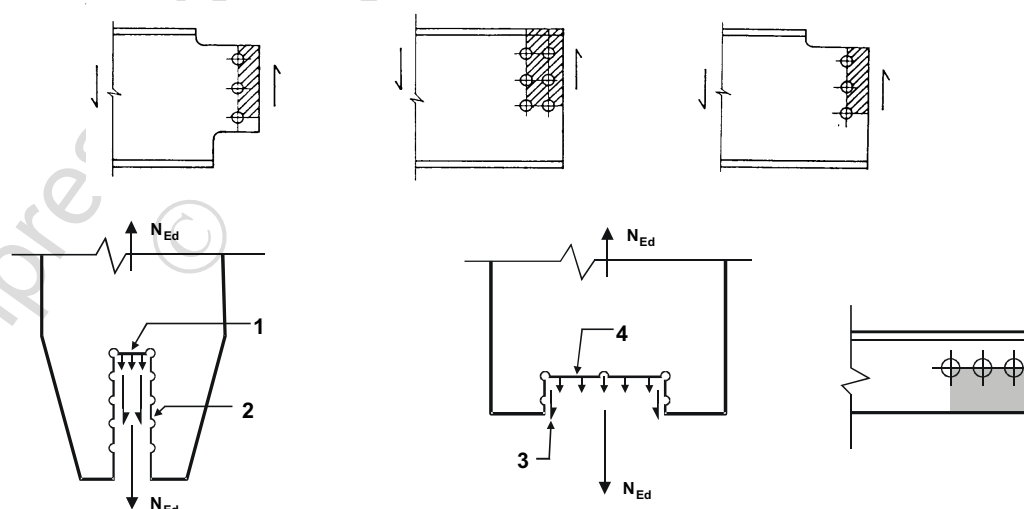
em que:

A_{nt} área útil solicitada à tracção;

A_{nv} área útil solicitada ao corte.

(3) Para um grupo de parafusos sujeito a um carregamento excêntrico, o valor de cálculo da resistência ao destacamento do bloco, $V_{eff,2,Rd}$, é obtido por:

$$V_{eff,2,Rd} = 0,5 f_u A_{nt} / \gamma_{M2} + (1 / \sqrt{3}) f_y A_{nv} / \gamma_{M0} \quad (3.10)$$



Legenda:

- 1 esforço de tracção reduzido
- 2 esforço de corte elevado

- 3 esforço de corte reduzido
- 4 esforço de tracção elevado

Figura 3.8 – Destacamento do bloco

Anexo Q.

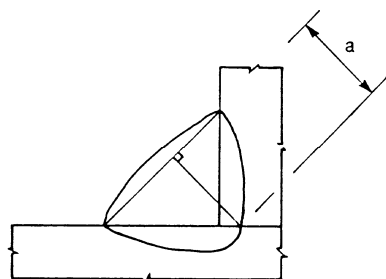


Figura 4.4 – Espessura de um cordão de soldadura com elevada penetração

4.5.3 Valor de cálculo da resistência de um cordão de ângulo

4.5.3.1 Generalidades

(1) O valor de cálculo da resistência de um cordão de ângulo deverá ser determinado ou pelo método direccional de 4.5.3.2 ou pelo método simplificado de 4.5.3.3.

4.5.3.2 Método direccional

(1) Neste método, os esforços transmitidos por unidade de comprimento da soldadura são decompostos em componentes paralelas e transversais ao eixo longitudinal da soldadura e, posteriormente, nos componentes perpendiculares e transversais ao plano que define a espessura do cordão.

(2) O valor de cálculo da área efectiva do cordão, A_w , deverá ser considerado igual a $A_w = \sum a \ell_{\text{eff}}$.

(3) Para efeito do cálculo deverá admitir-se que a área efectiva do cordão está concentrada na sua raiz.

(4) Admite-se uma distribuição uniforme de tensões na espessura do cordão de soldadura, o que conduz às tensões normais e às tensões de corte representadas na Figura 4.5, com as designações seguintes:

- σ_{\perp} tensão normal perpendicular à espessura;
- σ_{\parallel} tensão normal paralela ao eixo da soldadura;
- τ_{\perp} tensão tangencial (no plano da espessura) perpendicular ao eixo da soldadura;
- τ_{\parallel} tensão tangencial (no plano da espessura) paralela ao eixo da soldadura.

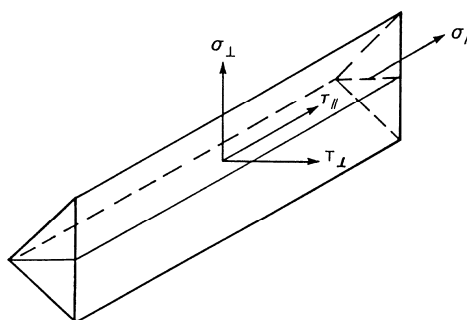


Figure 4.5 – Tensões no plano que define um cordão de ângulo

(5) Para determinação do valor de cálculo da resistência da soldadura não é tida em conta a tensão normal σ_{\parallel} paralela ao eixo da soldadura.

(6) Considera-se que o valor de cálculo da resistência do cordão de ângulo é suficiente se forem satisfeitas as duas condições seguintes:

$$[\sigma_L^2 + 3 (\tau_L^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0,5} \leq f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) \quad \text{e} \quad \sigma_L \leq 0,9 f_u / \gamma_{M2} \quad (4.1)$$

em que:

f_u valor nominal da tensão de rotura à tracção da peça ligada mais fraca;

β_w factor de correlação apropriado obtido do Quadro 4.1.

(7) As soldaduras entre peças de diferentes classes de resistência deverão ser calculadas adoptando as propriedades da classe de resistência mais baixa.

Quadro 4.1 – Factor de correlação β_w para soldaduras de ângulo

Norma e classe de aço			Factor de correlação β_w
EN 10025	EN 10210	EN 10219	
S 235 S 235 W	S 235 H	S 235 H	0,8
S 275 S 275 N/NL S 275 M/ML	S 275 H S 275 NH/NLH	S 275 H S 275 NH/NLH S 275 MH/MLH	0,85
S 355 S 355 N/NL S 355 M/ML S 355 W	S 355 H S 355 NH/NLH	S 355 H S 355 NH/NLH S 355 MH/MLH	0,9
S 420 N/NL S 420 M/ML		S 420 MH/MLH	1,0
S 460 N/NL S 460 M/ML S 460 Q/QL/QL1	S 460 NH/NLH	S 460 NH/NLH S 460 MH/MLH	1,0

4.5.3.3 Método simplificado para o cálculo da resistência de um cordão de ângulo

(1) Em alternativa a 4.5.3.2, poderá considerar-se adequado o valor de cálculo da resistência de um cordão de ângulo se, em qualquer das suas secções transversais, a resultante de todos os esforços por unidade de comprimento transmitidos pela soldadura satisfaz o seguinte critério:

$$F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd} \quad (4.2)$$

em que:

$F_{w,Ed}$ valor de cálculo do esforço actuante na soldadura por unidade de comprimento;

$F_{w,Rd}$ valor de cálculo da resistência da soldadura por unidade de comprimento.

(2) Independentemente da orientação do plano que define a espessura da soldadura em relação ao esforço aplicado, o valor de cálculo da resistência por unidade de comprimento $F_{w,Rd}$ deverá ser determinado com base em:

$$F_{w,Rd} = f_{vw,d} a \quad (4.3)$$

em que:

$f_{vw,d}$ valor de cálculo da resistência ao corte da soldadura.

(3) O valor de cálculo da resistência ao corte $f_{vw,d}$ da soldadura deverá ser determinado a partir de:

$$f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (4.4)$$

em que:

f_u e β_w definidos em 4.5.3.2(6).

4.6 Valor de cálculo da resistência das soldaduras de ângulo em contornos de orifícios

(1) O valor de cálculo da resistência de uma soldadura de ângulo aplicada em todo o contorno de um orifício deverá ser determinado através de um dos métodos indicados em 4.5.

4.7 Valor de cálculo da resistência das soldaduras de topo

4.7.1 Soldaduras de topo com penetração total

(1) O valor de cálculo da resistência de uma soldadura de topo com penetração total deverá ser considerado igual ao valor de cálculo da resistência da peça ligada mais fraca, desde que a soldadura seja executada com consumíveis adequados que possam produzir provetes de ensaio da soldadura que tenham, tanto a tensão de cedência como a tensão de rotura mínimas, pelo menos iguais às especificadas para o metal base.

4.7.2 Soldaduras de topo com penetração parcial

(1) O valor de cálculo da resistência de uma soldadura de topo com penetração parcial deverá ser determinado utilizando o método indicado em 4.5.2(3) para um cordão de ângulo com elevada penetração.

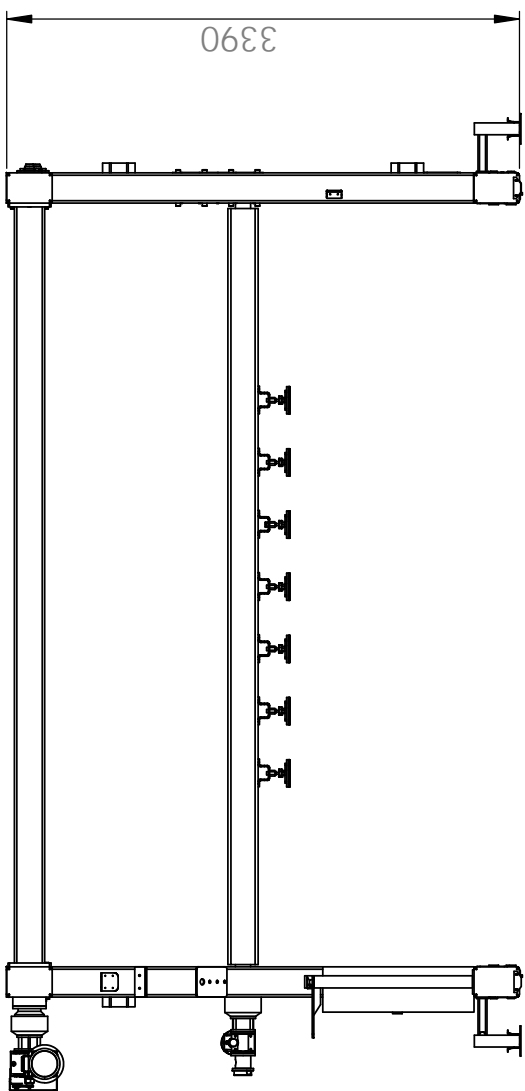
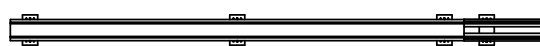
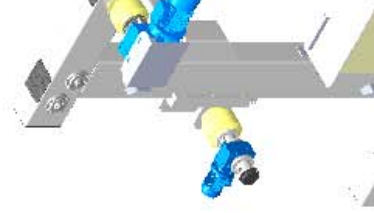
(2) A espessura de uma soldadura de topo com penetração parcial não deverá ser superior à profundidade da penetração susceptível de ser obtida de modo consistente, ver 4.5.2(3).

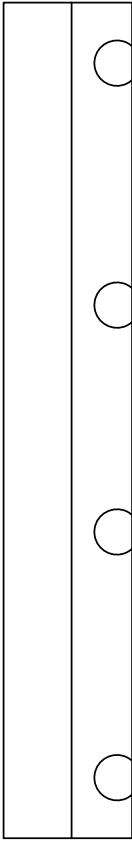
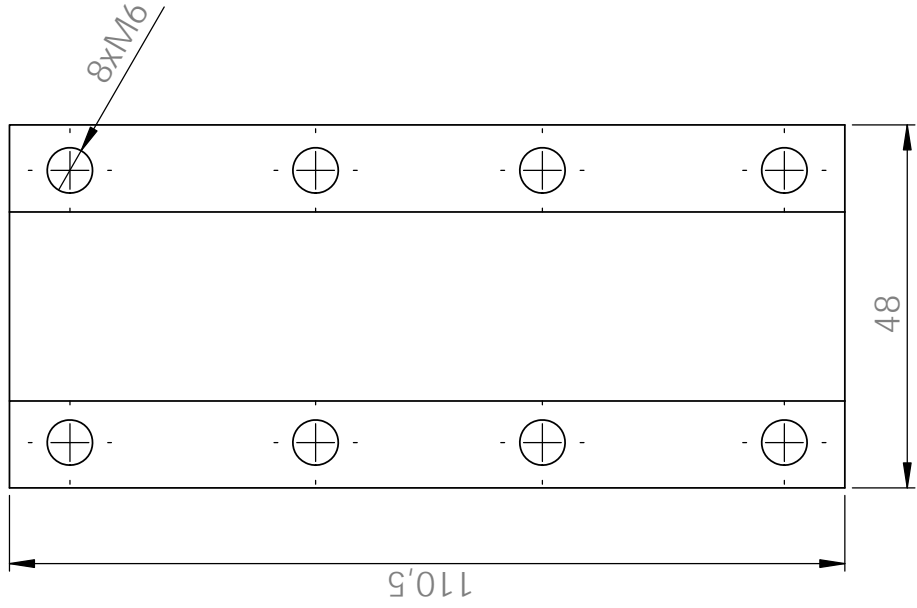
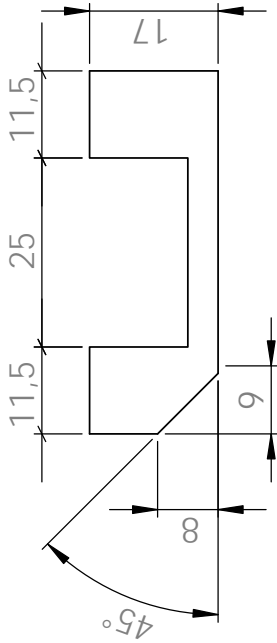
4.7.3 Junta de topo em T

(1) O valor de cálculo da resistência de uma junta de topo em T, constituída por duas soldaduras de topo de penetração parcial reforçadas por cordões de ângulo, poderá ser determinado como se tratasse de uma soldadura de topo com penetração total (ver 4.7.1) desde que a espessura nominal total dos cordões, excluindo o afastamento não soldado, não seja inferior à espessura t da parte que constitui a haste da ligação em T, e na condição de o afastamento não soldado não ter largura superior ao menor dos valores ($t / 5$) ou 3 mm, ver a Figura 4.6.

(2) O valor de cálculo da resistência de uma soldadura de topo em T que não satisfaz os requisitos de 4.7.3(1) deverá ser determinado utilizando o método indicado em 4.5 para uma soldadura de ângulo ou para uma soldadura com elevada penetração, conforme a profundidade da penetração. A espessura do cordão deverá ser determinada de acordo com as disposições fornecidas para os cordões de ângulo (ver 4.5.2) ou para as soldaduras de topo com penetração parcial (ver 4.7.2), consoante o caso.

Anexo R.





A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

Material : *ACO S 235*
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

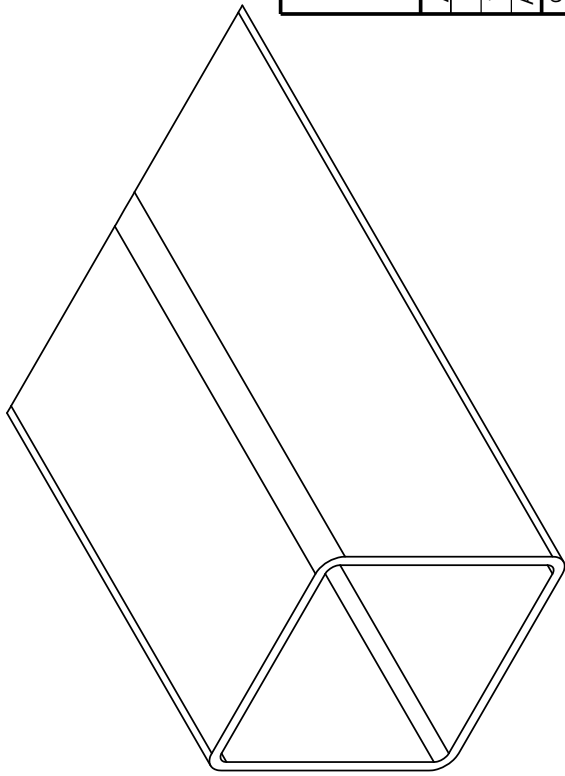
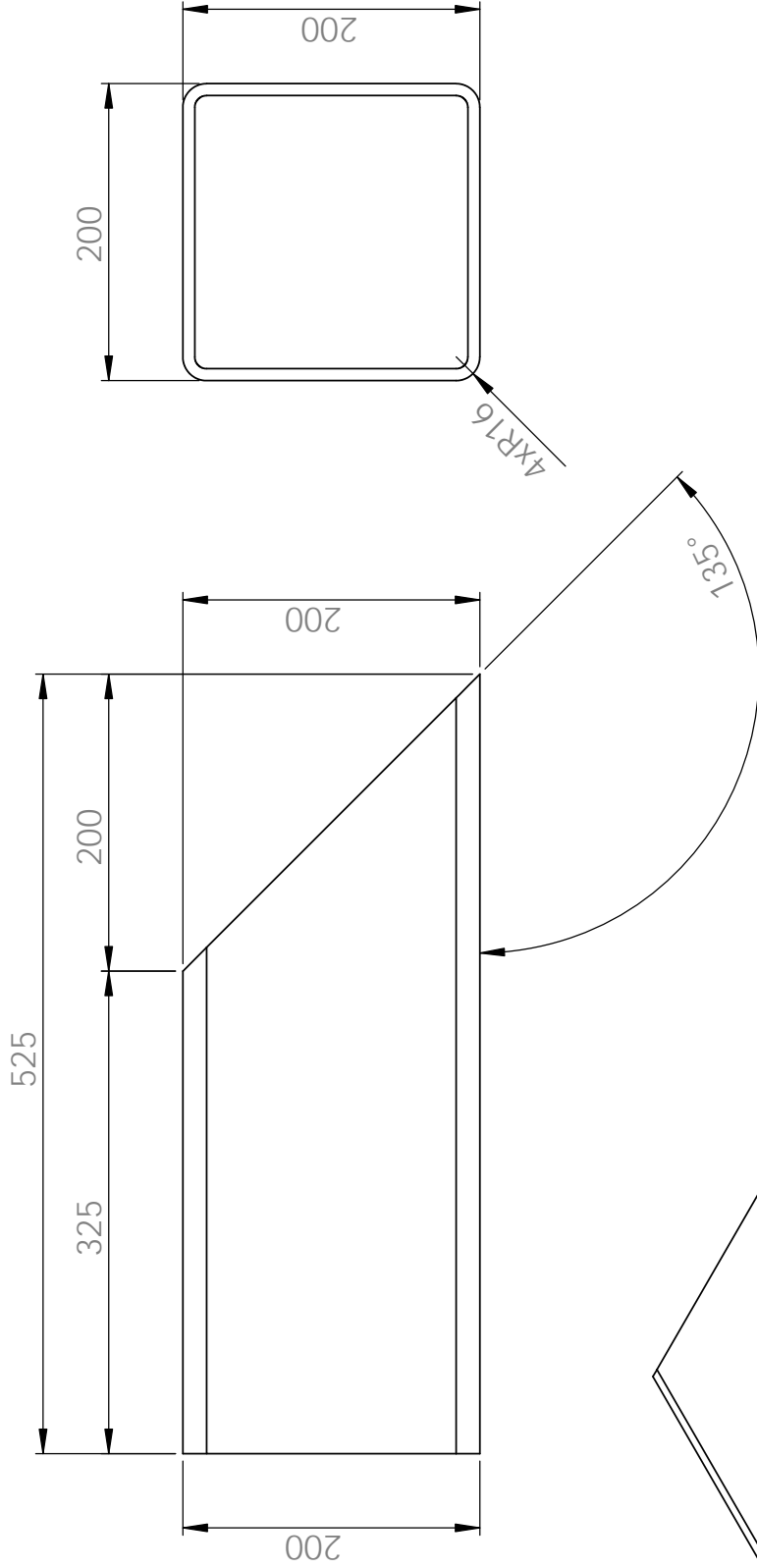
Designação :
110.5x48x21mm


Peso :	0.37 Kg
Treatamento Superficial	
Tipo	N/D
Área	N/D
	N/D
	N/D
Notas:	

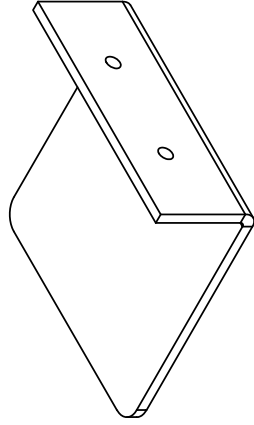
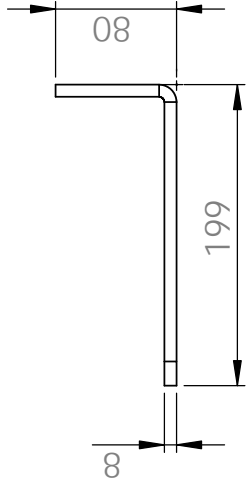
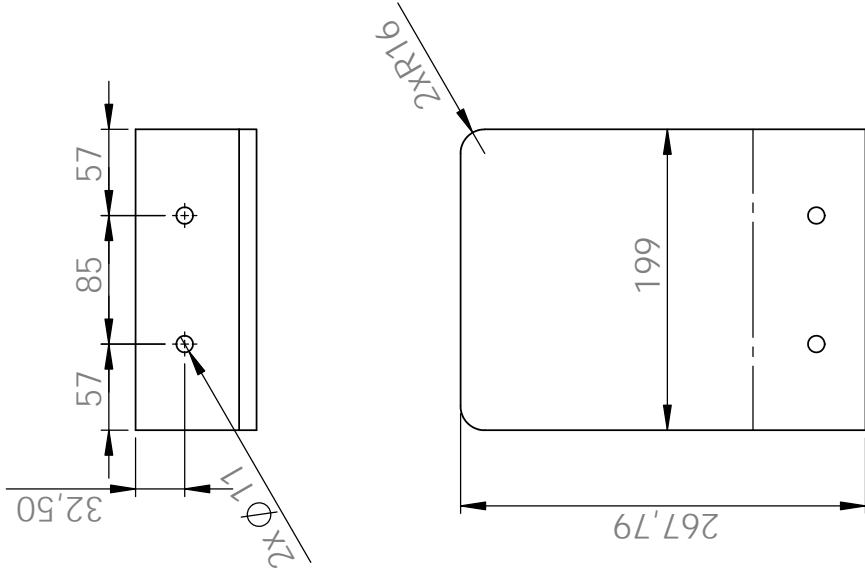
Folha	1 / 1
Escala	1:1


Artigo / Desenho: *N/D*
N/D

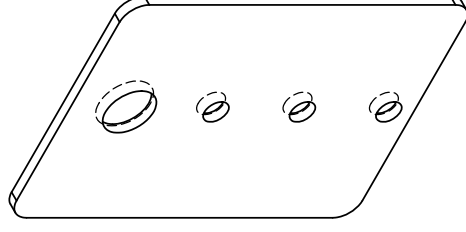
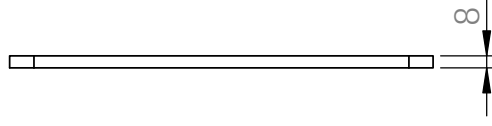
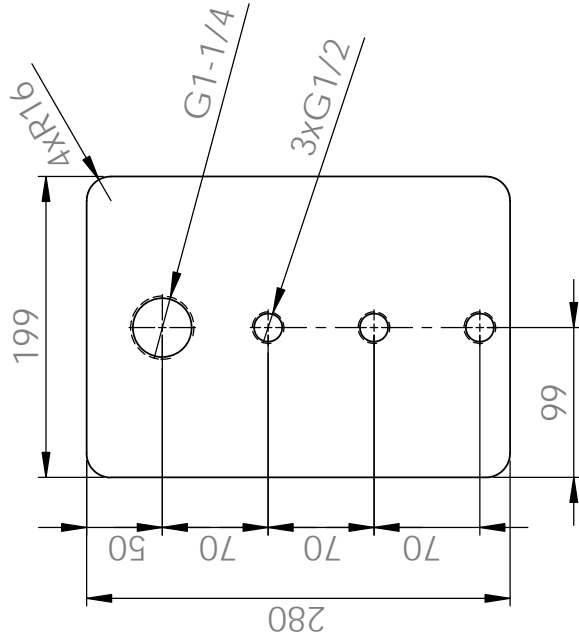
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	



			Material : Aco S 235						Peso : 19821.00 Kg						Folha		
			IPP						Tratamento Superficial						1 / 1		
			Instituto Superior de Engenharia do Porto														
			A4		Data		Nome		Designação : 200x8 L=525mm						Escala		
Des.		25-02-2013		h.moreira		1:5											
Verif.																	
Aprov.		25-02-2013		R.Campilho		Notas:											
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D							
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
										N/D							



<div></div>					Material : <i>Aco S 235</i> <div>IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto</div>					Peso : <i>3306.64 Kg</i>		Folha <div><i>1</i> / <i>1</i></div>		
					Designação : <i>268x199x8mm</i>					Tratamento Superficial				
										Tipo		Área		
										<i>N/D</i>		<i>N/D</i>		
A4					Data		Nome		Notas:					
Des.		<i>25-02-2013</i>		<i>h.moreira</i>										
Verif.														
Aprov.		<i>25-02-2013</i>		<i>R.Campilho</i>										
<small>(COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO</small>										Artigo / Desenho: <i>N/D</i>				
										N/D				
<div>De0.50363040010002000</div>														
<div>Ate3630400100020004000</div>														
<div>Valor±0.10±0.10±0.20±0.30±0.50±1.2±2</div>														



A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO					
De	0.50	3	6	30	1000
Ate	3	6	30	120	2000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.80
					± 1.2
					± 2

Material : Aco S 235
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
280x199x8mm

Peso : 3337.82 Kg

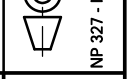
Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Folha

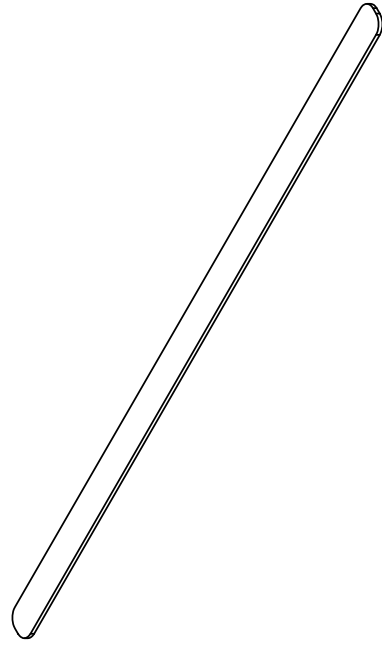
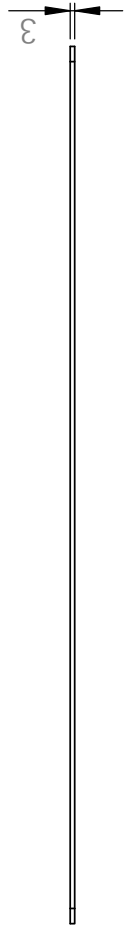
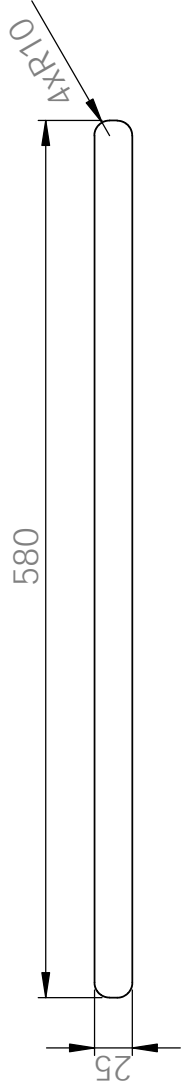
1 / 1


Escala
1:5

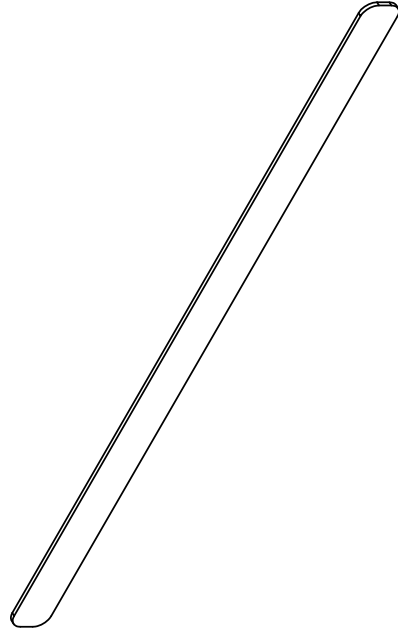
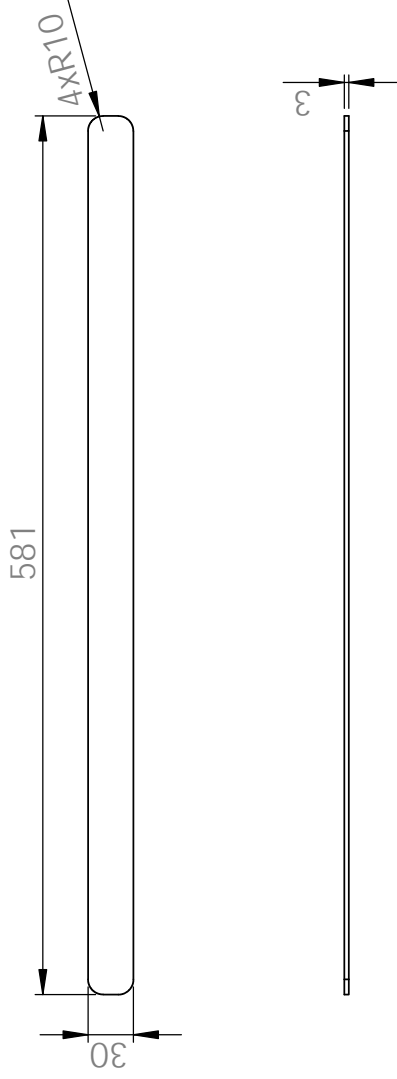



NP 327 - ISO 128

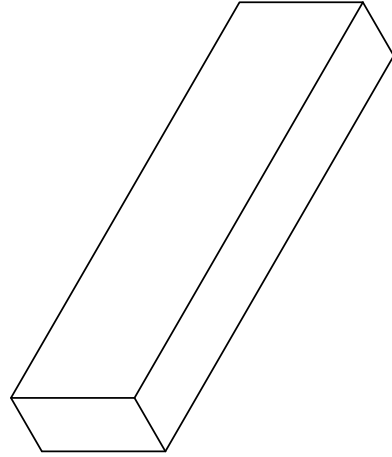
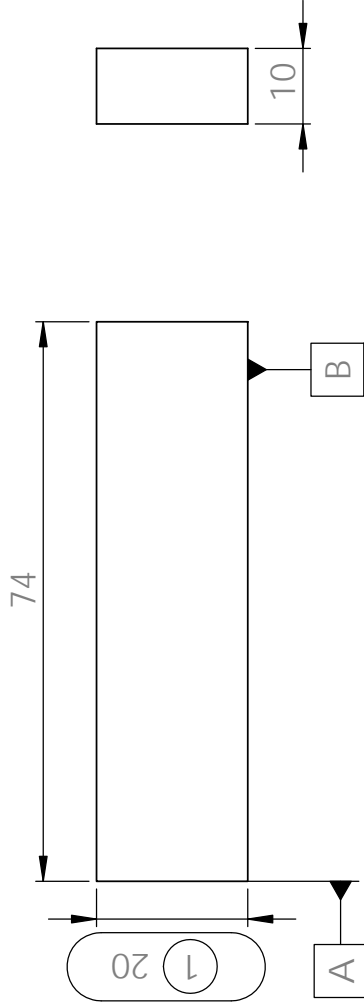
Artigo / Desenho: N/D
N/D




				Material : <i>Chapa Aco DCO1+ZE</i>				Peso : 340.32 Kg		Folha 1 / 1					
				IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial							
				Designação : 580x25x3mm				Tipo	Área						
								N/D	N/D						
								N/D	N/D						
								N/D	N/D						
								Notas:		Escala 1:5					

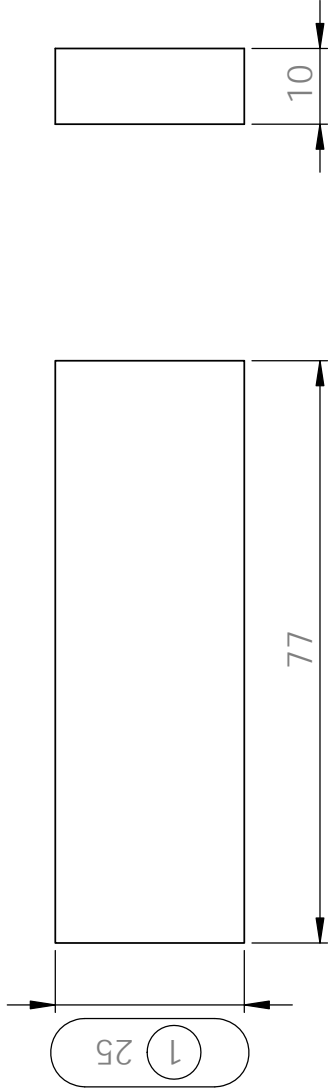


				Material : <i>Chapa Aco DCO1+ZE</i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : 409.50 Kg		Folha 1 / 1							
								Tratamento Superficial		Escala 1:5							
A4		Data		Nome		Designação : 581x30x3mm											
Des.		23-02-2013		<i>h.moreira</i>													
Verif.																	
Aprov.		23-02-2013		<i>R.Campilho</i>													
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: <i>N/D</i>		*N/D*					
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
NP 327 - ISO 128																	





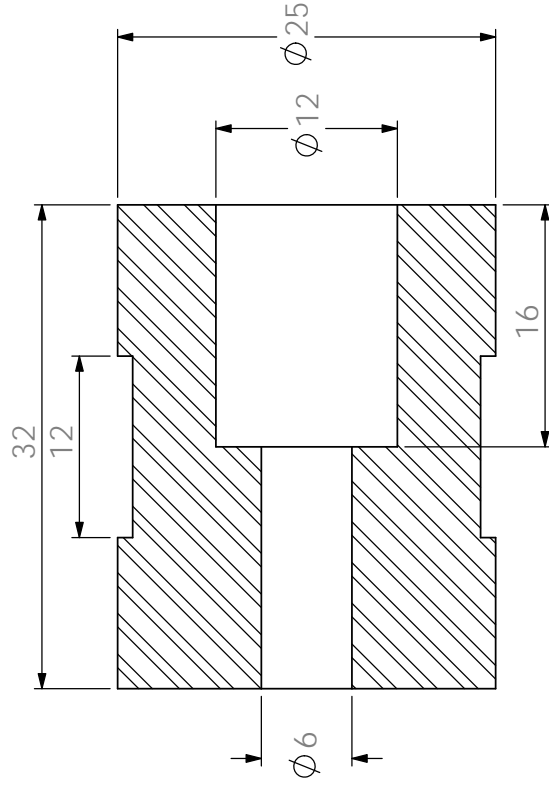
Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		

		Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 115.44 Kg	Folha 1 / 1
		Designação : 74x20x10mm		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D N/D N/D Notas:	Escala 1:1
A4		Data 25-02-2013	Nome h.moreira	Artigo / Desenho: N/D *N/D*	
Des.					
Verif.					
Aprov.					
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO					
De	0.50	3	6	30	1000
Ate	3	6	30	120	2000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.80
					± 1.2
					± 2





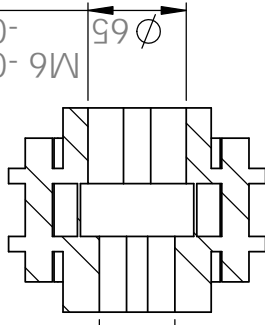
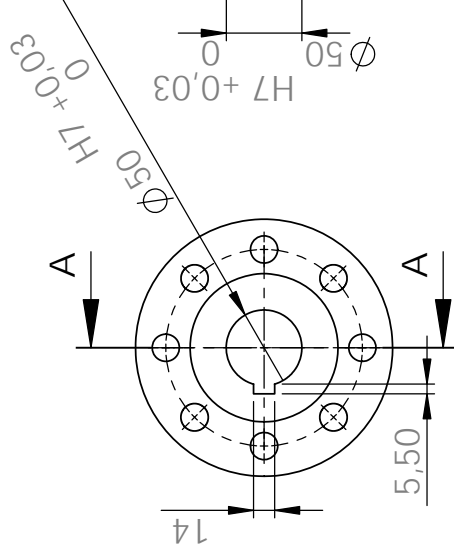
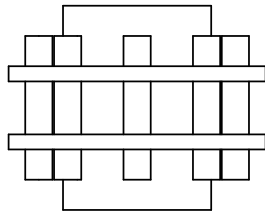
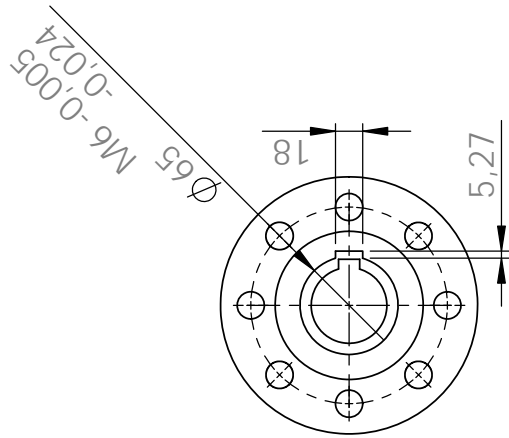
Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			
3			

	A4	Data	Nome	Designação : 77x25x10mm	Peso : 150.15 Kg	Folha 1 / 1					
	Des.	25-02-2013	h.moreira								
	Verif.										
	Aprov.	25-02-2013	R.Campilho								
	COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	Artigo / Desenho: N/D *N/D*	Escala 1:1	 NP 327 - ISO 128
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2			



A line drawing of two stacked cylindrical containers, possibly drums or barrels. The top container has a circular opening on its side. The bottom container also has a circular opening on its side. The drawing is a simple line art illustration.

					Material : <i>Material <not specified></i>					Peso : 0.01 kg		Folha 1 / 1					
					Designação : Acoplamento_Rw					Tratamento Superficial							
										Tipo	<i>N/D</i>						
											Área		<i>N/D</i>				
A4					Data	Nome		<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	<i>N/D</i>	Escala 2:1						
Des.					23-02-2013												
Verif.																	
Aprov.					23-02-2013		R. Campilho		Artigo / Desenho: <i>N/D</i>								
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO																	
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
												*N/D *					
																	
												NP 327 - ISO 128					



SECTION A-A



A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	N/D
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	R. Campilho
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		
De	0.50	3 6 30 120 400 1000 2000
Ate	3 6 30 120 400 1000 2000	
Valor	± 0.10 ± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2	

Material : Aco S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Acoplamento Rigido Torcao
Med/Alta d50xD65xL133mm

Peso : 7.45 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D
Notas:	

Folha

1 / 1

Escala

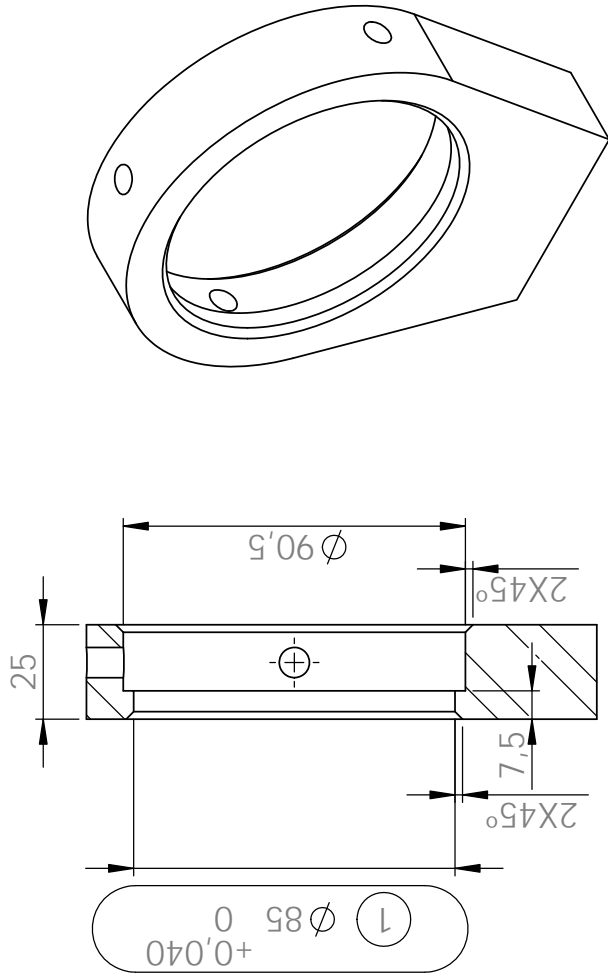
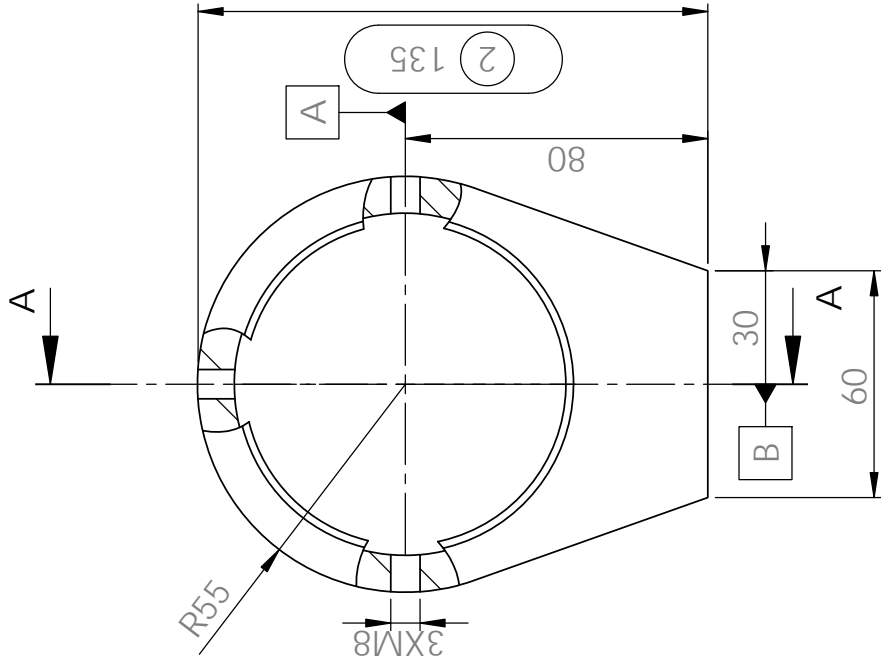
1:5



NP 327 - ISO 128

Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



SECTION A-A



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

Material : Aço S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Actuador Sensores Rotacao

Peso : 1066.50 Kg

Tratamento Superficial

Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Folha

1 / 1

Escala

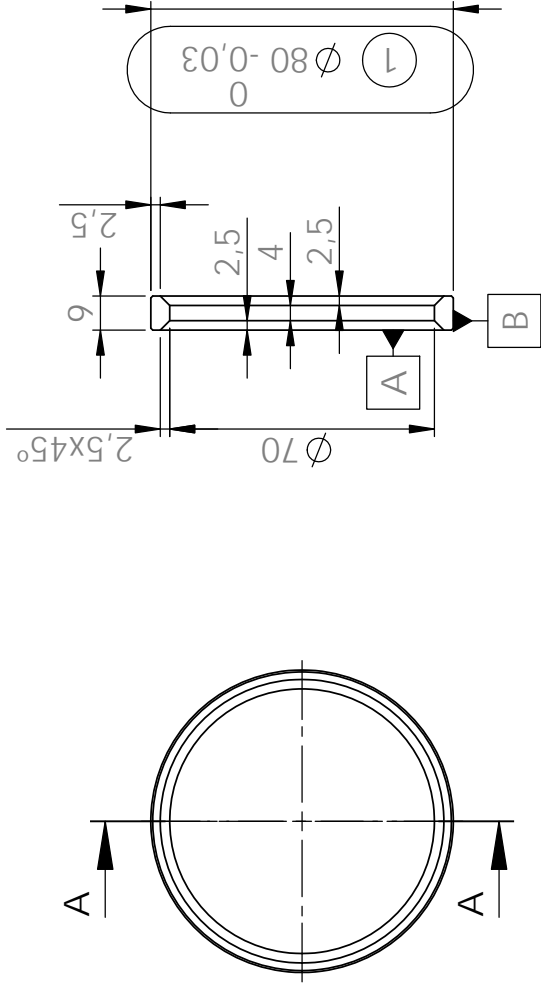
1:2



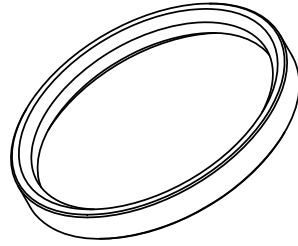
NP 327 - ISO 128



Artigo / Desenho: N/D

N/D

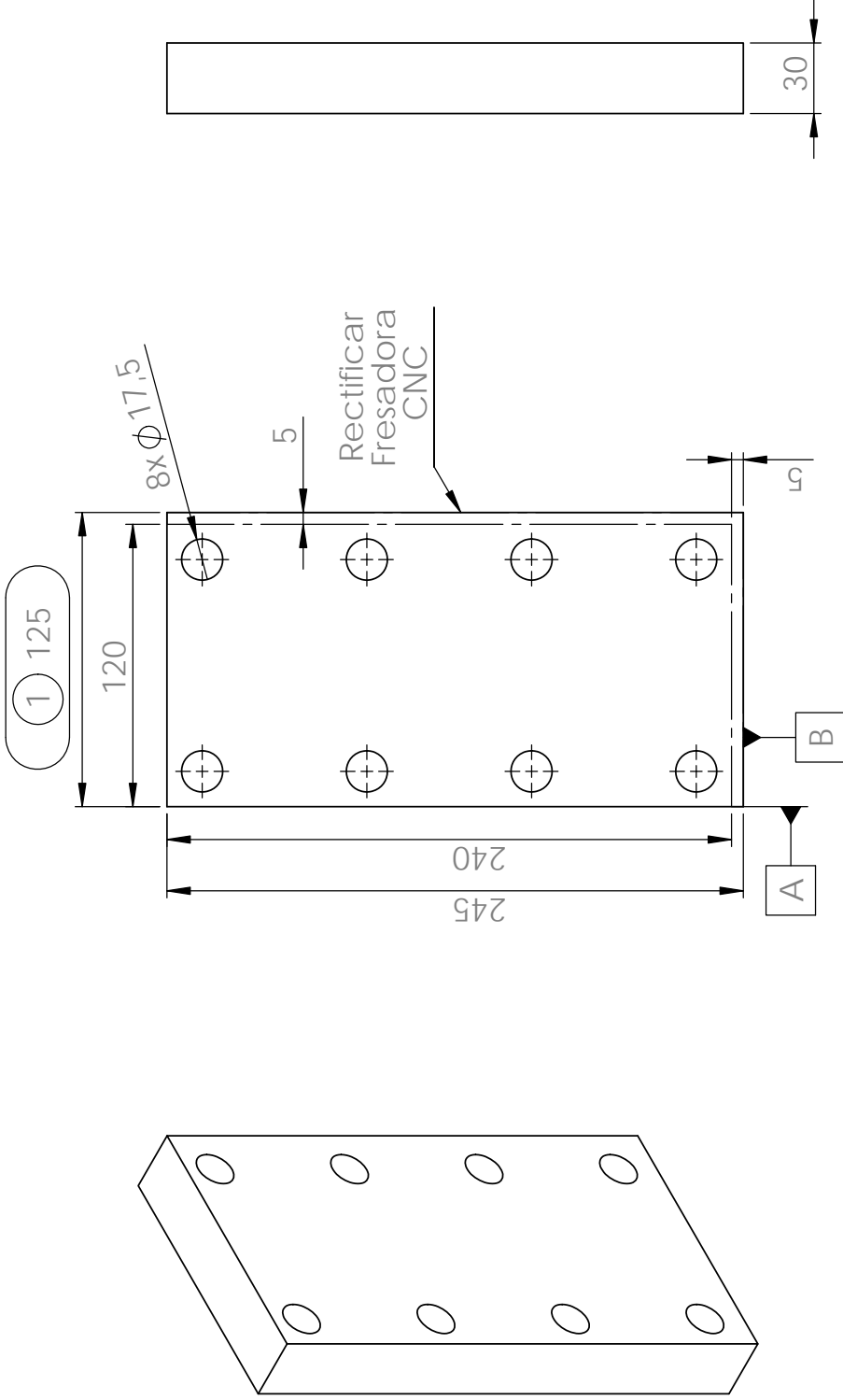


SECTION A-A



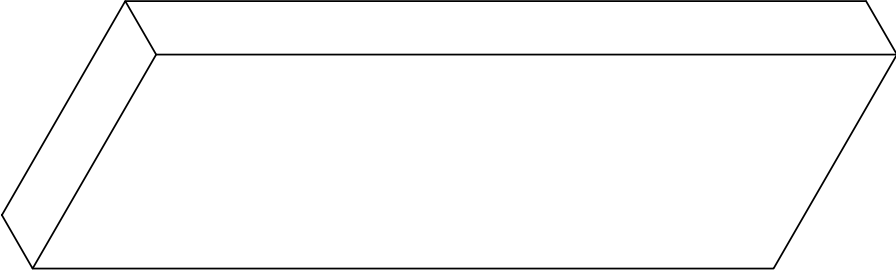
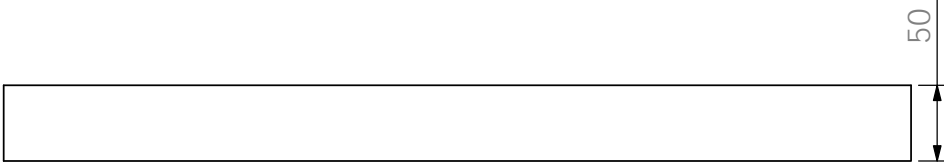
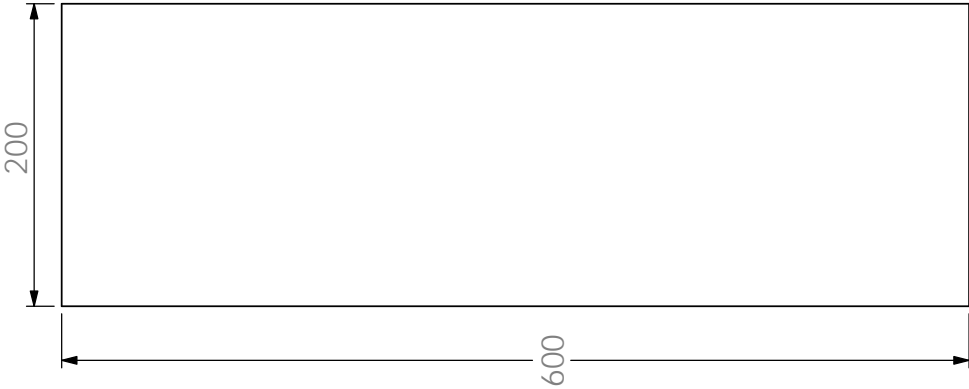
<div><div>H & M</div></div>				Material : Aco S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : 0.07 Kg		<div>Folha 1 / 1</div> <div>Escala 1:2</div>	
				<div>Designação : Anel Øext=80mm Øint=70mm Esp=9mm</div>				Tratamento Superficial			
								Tipo			
								Área			
A4		Data		Nome		N/D		N/D			
Des.		06-03-2013		h.moreira		N/D		N/D			
Verif.						N/D		N/D			
Aprov.		06-03-2013		R.Campilho		Notas:					
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D	
De		0.50		3		6		30		120	
Ate		3		6		30		120		400	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50	
								± 0.80		± 1.2	
										± 2	
										N/D	
<div></div>										NP 327 - ISO 128	





Relatório de ensaio dimensional		Nome/Número Equipamento		Valor medido	Assinatura
		1			
2					

		Material : Aço S275 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 6715,98 Kg		Folha 1 / 1	
Designação : Barra Apoio Fix Redutorn Rot		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D N/D N/D Notas:		Artigo / Desenho: N/D *N/D*		Escala 1:3	
A4 Des. 23-02-2013 Verif. h.moreira Aprov. 23-02-2013 R.Campilho		COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO					
De 0.50 Ate 3 Valor ± 0.10		3 6 ± 0.10		30 120 ± 0.30		400 1000 ± 0.50	
1000 2000 ± 1.2		2000 4000 ± 2		2000 4000 ± 2		2000 4000 ± 2	



A4	Data	Nome
Des.	06-03-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	06-03-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	± 2

Material : *ACO S 235*
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Barra Base Carro Esq

Peso : 46.79 Kg	
Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D
Notas:	

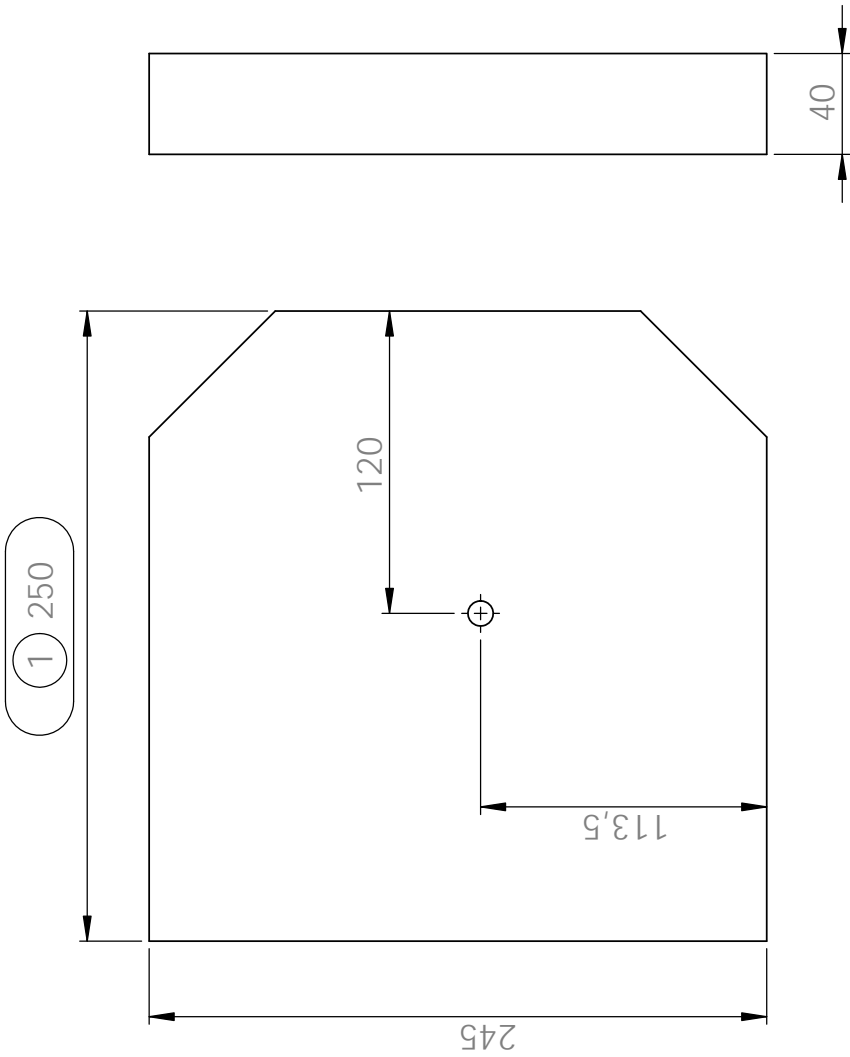
Folha	1 / 1
Escala	1:5


Artigo / Desenho: N/D
N/D



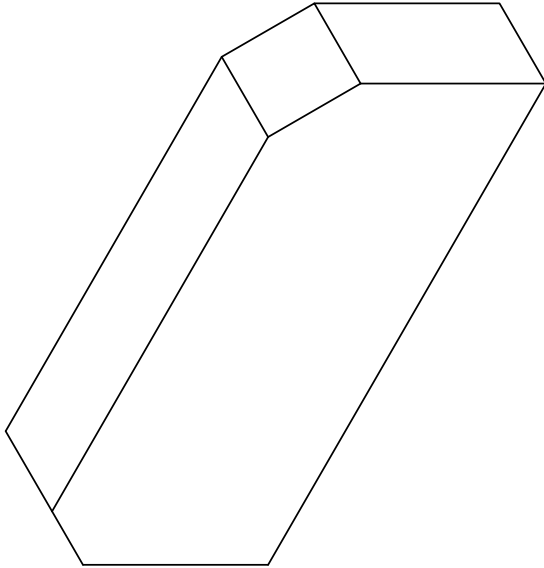
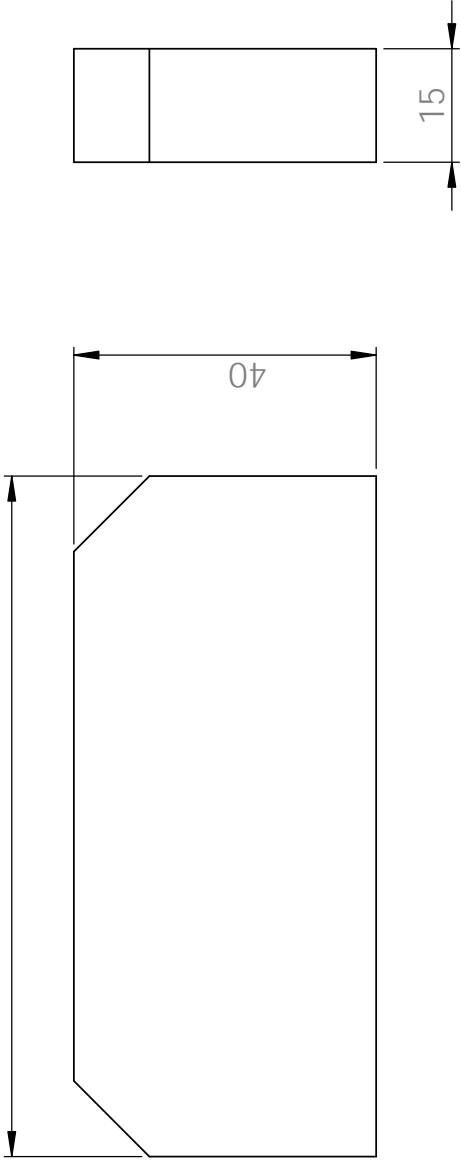
NP 327 - ISO 128

Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		




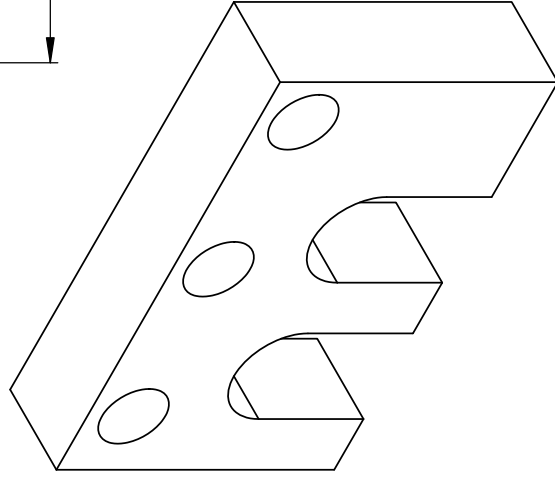
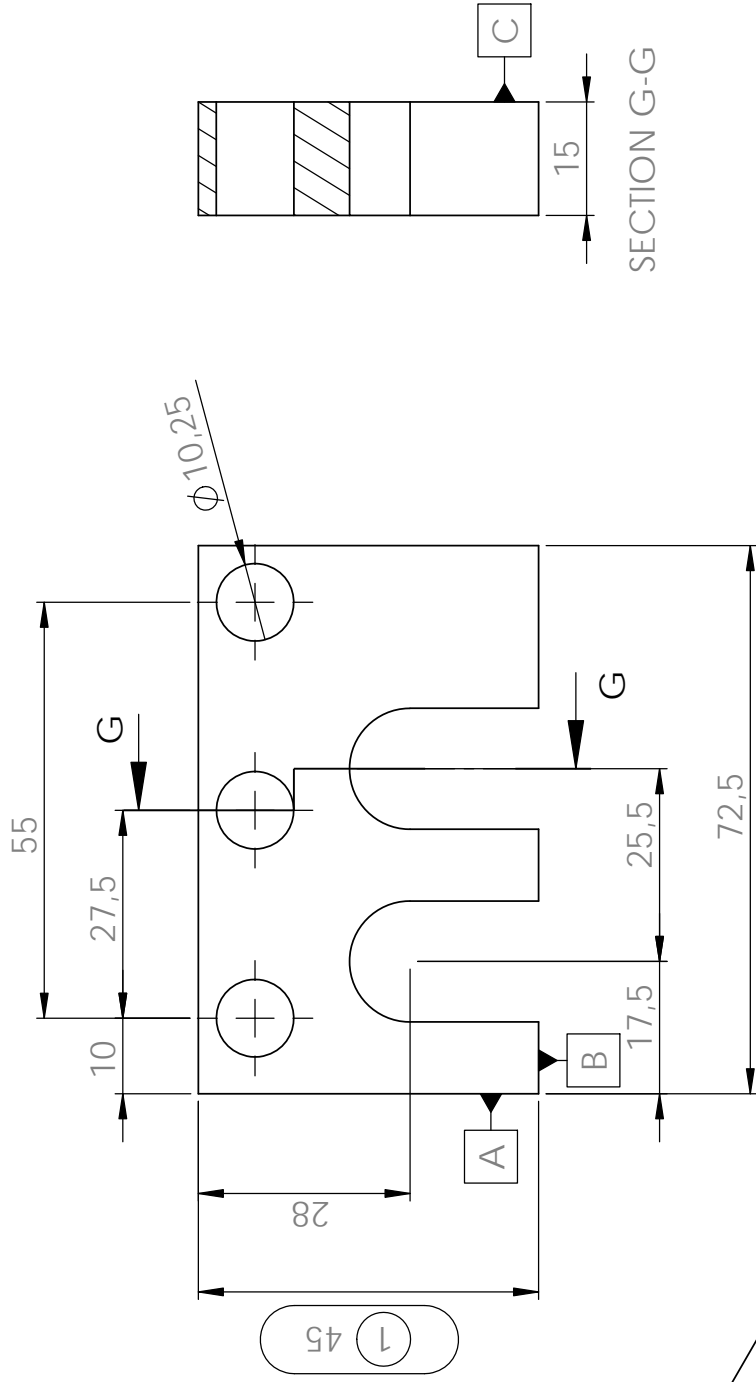
		Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 18305,50 Kg		Folha 1 / 1	
		Designação : Barra Base Fixacao Redutor Rotacao		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D		Escala 1:3	
Artigo / Desenho: N/D		Notas:		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*	
Des.: 28-03-2013 Verif.: Aprov.: 28-03-2013		Nome h.moreira R. Campilho		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*		*N/D*	
De 0,50 3 6 30 120 400 1000 2000		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*		*N/D*	
Ate 3 6 30 120 400 1000 2000		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*		*N/D*	
Valor ± 0,10 ± 0,10 ± 0,20 ± 0,30 ± 0,50 ± 0,80 ± 1,2 ± 2		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*		*N/D*	

1 90



Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		


				Material : ACO S275				Peso : 0.41 Kg				Folha 1 / 1							
				IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial				Escala 1:1							
				Designação : Barra fix estic motorred alim				Tipo		Área									
								N/D		N/D									
Des.				25-02-2013				N/D				N/D							
Verif.								N/D				N/D							
Aprov.				25-02-2013				N/D				N/D							
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO				R.Campilho				Artigo / Desenho: N/D				*N/D*							
De				0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate				3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor				± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	

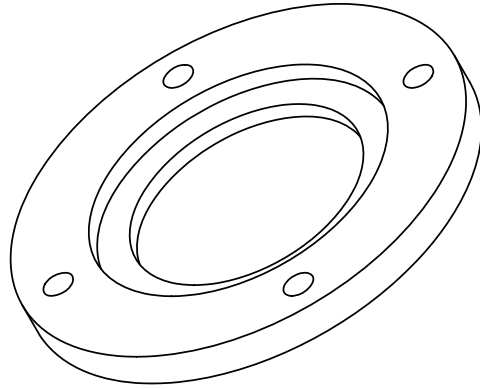




Relatório de ensaio dimensional			
Cot	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			

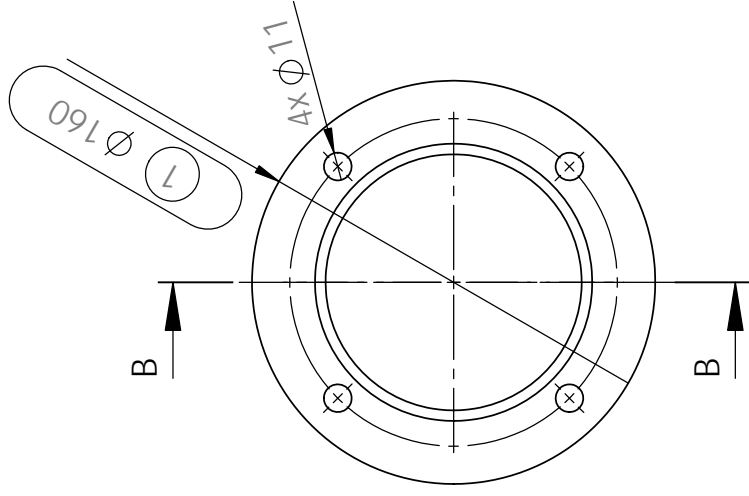
		Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto	
		Designação : Barra Fixacao Corrente	
A4	Data	Nome	
Des.	23-02-2013	h.moreira	
Verif.			
Aprov.	23-02-2013	R.Campilho	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO			
De	0.50	3	6
Ate	3	6	30
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20
		± 0.30	± 0.50
		± 0.80	± 1.2
			± 2

Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Designação : Barra Fixacao Corrente	
Artigo / Desenho: N/D		*N/D*	

Peso : 265.58 Kg		Folha 1 / 1	
Tratamento Superficial		Escala 1:1	
Notas:		 NP 327 - ISO 128	

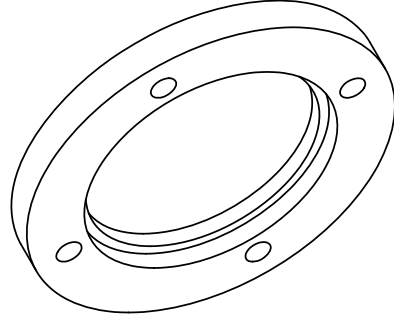


				Material : <i>Aco S 235</i> <small>IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto</small>				Peso : <i>2.27 Kg</i>		Folha <i>1 / 1</i>			
				Designação : <i>Barra Flange Encoder Mov</i>								Tratamento Superficial	
												Tipo	Área
												<i>N/D</i>	<i>N/D</i>
A4				Data	Nome		<i>N/D</i>		<i>N/D</i>				
Des.				25-02-2013	<i>h.moreira</i>		<i>N/D</i>		<i>N/D</i>				
Verif.							<i>N/D</i>		<i>N/D</i>				
Aprov.				25-02-2013	<i>R.Campilho</i>		Notas:		Escala <i>1:3</i>				
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: <i>N/D</i>			
De		0.50		3		6		30		2000			
Ate		3		6		30		120		4000			
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 1.2 ± 2			
N/D													
													
										NP 327 - ISO 128			



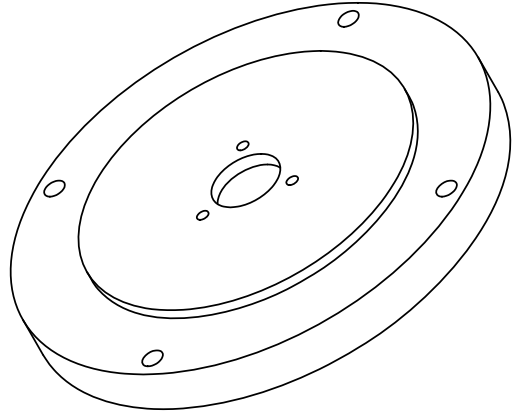
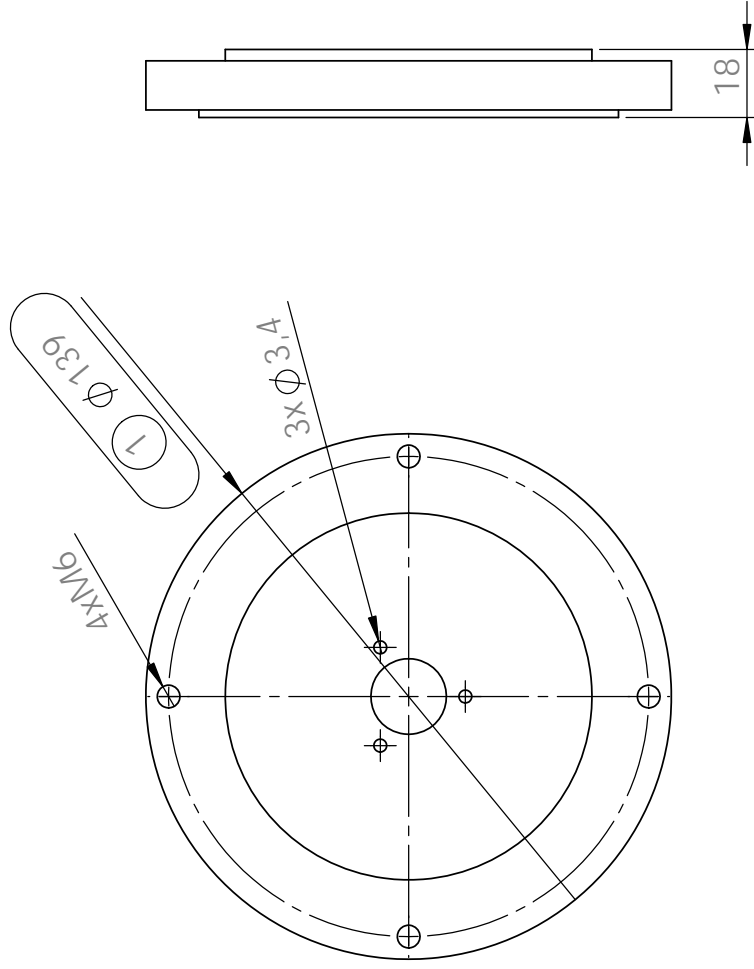
SECTION B-B

Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	h.moreira
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	R.Campilho

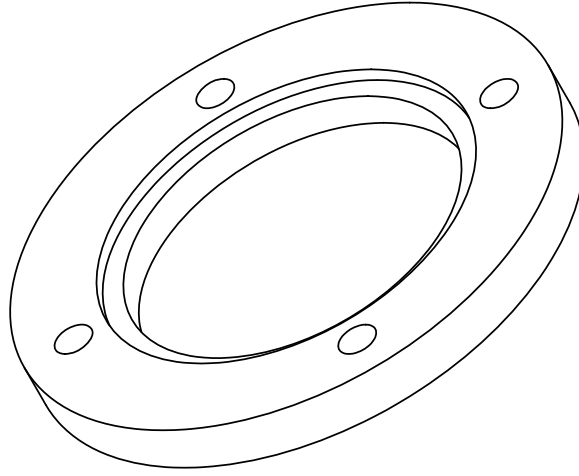
Material : Aço S 235		Peso : 1.27 Kg		Folha	
Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial		1 / 1	
Designação : Barra Flange Encoder Rot		Tipo		Área	
		N/D		N/D	
		N/D		N/D	
		N/D		N/D	
		Notas:		Escala	
				1:3	
				Artigo / Desenho: N/D	
				N/D	


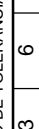


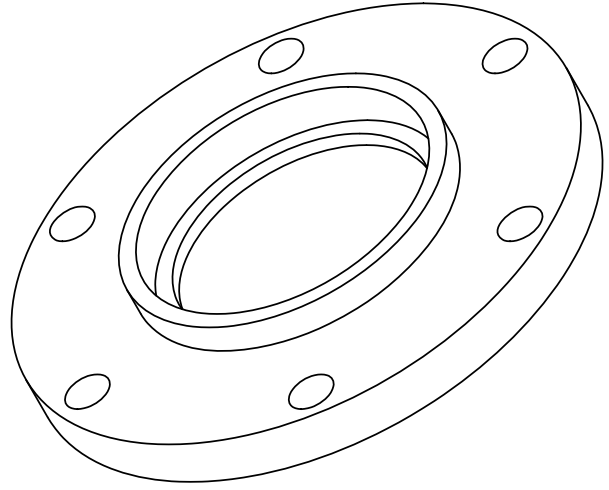
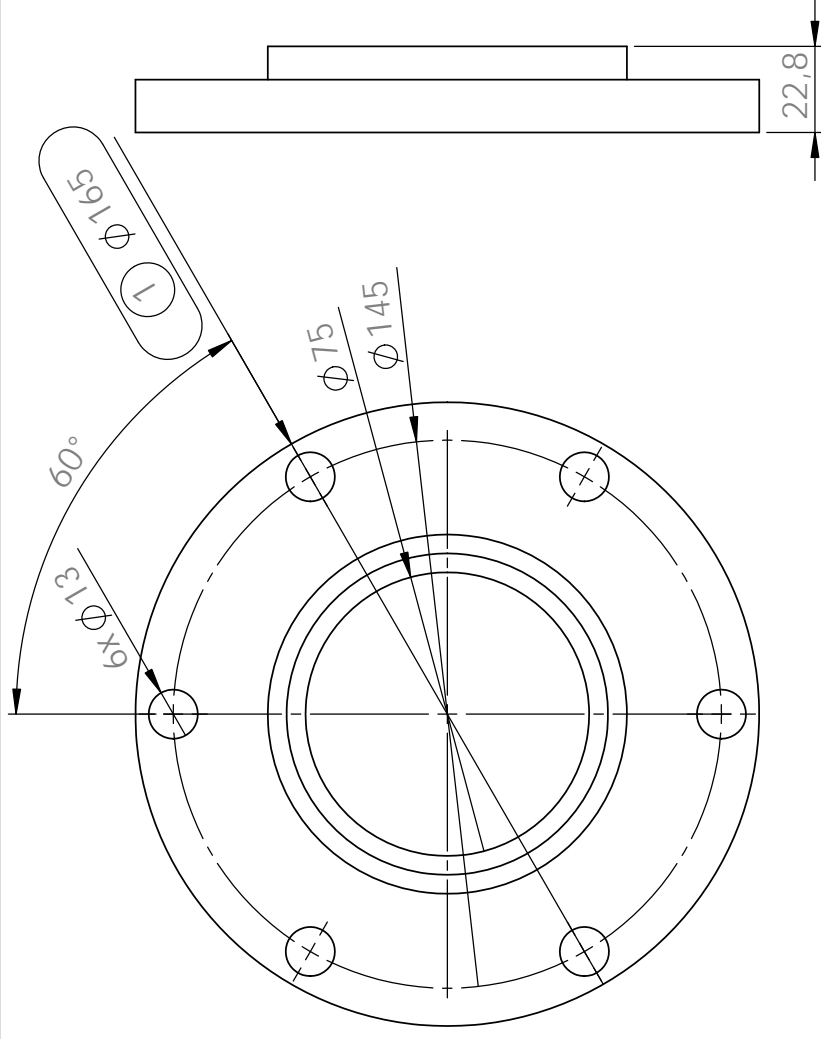
Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			

		Nome	
A4	Data	23-02-2013	h.moreira
Des.			
Verif.			
Aprov.	23-02-2013	R.Campilho	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO			
De	0.50	3	6
Ate	3	6	30
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20
		± 0.30	± 0.50
		± 0.80	± 1.2
		± 1.2	± 2

Material : Aço S 235		Peso : 1.04 Kg	
IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Folha	
Designação : Barra Flange Fix Encoder Mov		1 / 1	
		Escala	
		1:2	
		Notas:	
		Artigo / Desenho: N/D	
		N/D	




	Material : <i>ACO S 235</i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : <i>1.27 kg</i>		Folha <i>1</i> / <i>1</i>
	Designação : Barra Flange Redutores Motor						
	Tratamento Superficial						
	Área						
A4		Data		Nome		Escala 1:2	
Des. 23-02-2013		23-02-2013		<i>h.moreira</i>		Notas:	
Aprov. 23-02-2013		23-02-2013		<i>R.Campilho</i>		Artigo / Desenho: <i>N/D</i>	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO							
De		0.50		3		6	
Ate		3		6		30	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20	
		± 0.10		± 0.10		± 0.30	
		± 0.10		± 0.10		± 0.50	
		± 0.10		± 0.10		± 0.80	
		± 0.10		± 0.10		± 1.2	
		± 0.10		± 0.10		± 2	
N/D							
							
NP 327 - ISO 125							



Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			

		A4		Data		Nome	
Des.	25-02-2013	h.moreira		Des.	25-02-2013	h.moreira	
Verif.				Verif.			
Aprov.	25-02-2013	R.Campilho		Aprov.	25-02-2013	R.Campilho	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO							
De	0.50	3	6	30	120	400	1000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2
							± 2

Material : Aço S275		Peso : 1.67 Kg		Folha	
IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial		1 / 1	
Designação : Barra Flange Redutores Motor Elev Caixa		Tipo		Área	
		N/D		N/D	
		N/D		N/D	
		N/D		N/D	
		Notas:		Escala	
				1:2	
				Artigo / Desenho: N/D	
				N/D	

600

1 581

4XM10

A

9,5

A

37,5

A

212,5

37,5

387,5

562,5

540

420

300

180

60

5XM10

R10

B

37

5

15

L₀

57

18

34

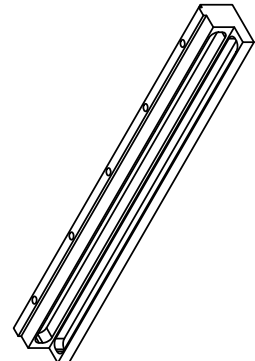
14

70


SECTION A-A

SECTION B-B

2 24



Relatório de ensaio dimensional			
Cot a	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			
3			
4			



A4	Data	Nome
Des.	28-03-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	28-03-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO

De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000
Ate		3	6	30	120	400	1000	2000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2

Material : *Aco S 235*
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Barra Laterais Carro Vertical

Peso : 9075.29 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	N/D
Área	N/D
	N/D
	N/D
Notas:	

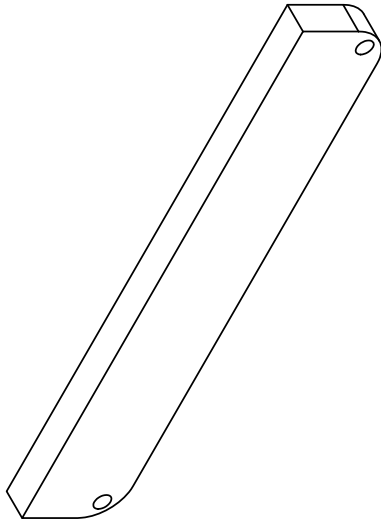
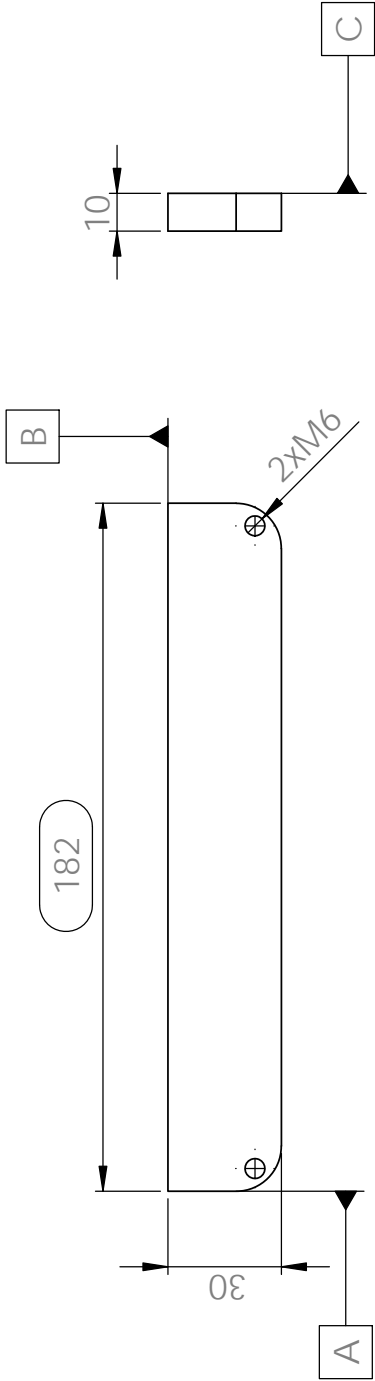
Artigo / Desenho: N/D

N/D

Folha 1 / 1

Escala 1:4

NP 327 - ISO 128



A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	N/D
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	R. Campilho

Material : *Material <not specified>*

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Barra Tampas

Peso : 417.68 Kg

Tratamento Superficial

Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

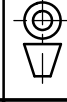
Notas:

Folha

1 / 1

Escala

1:2

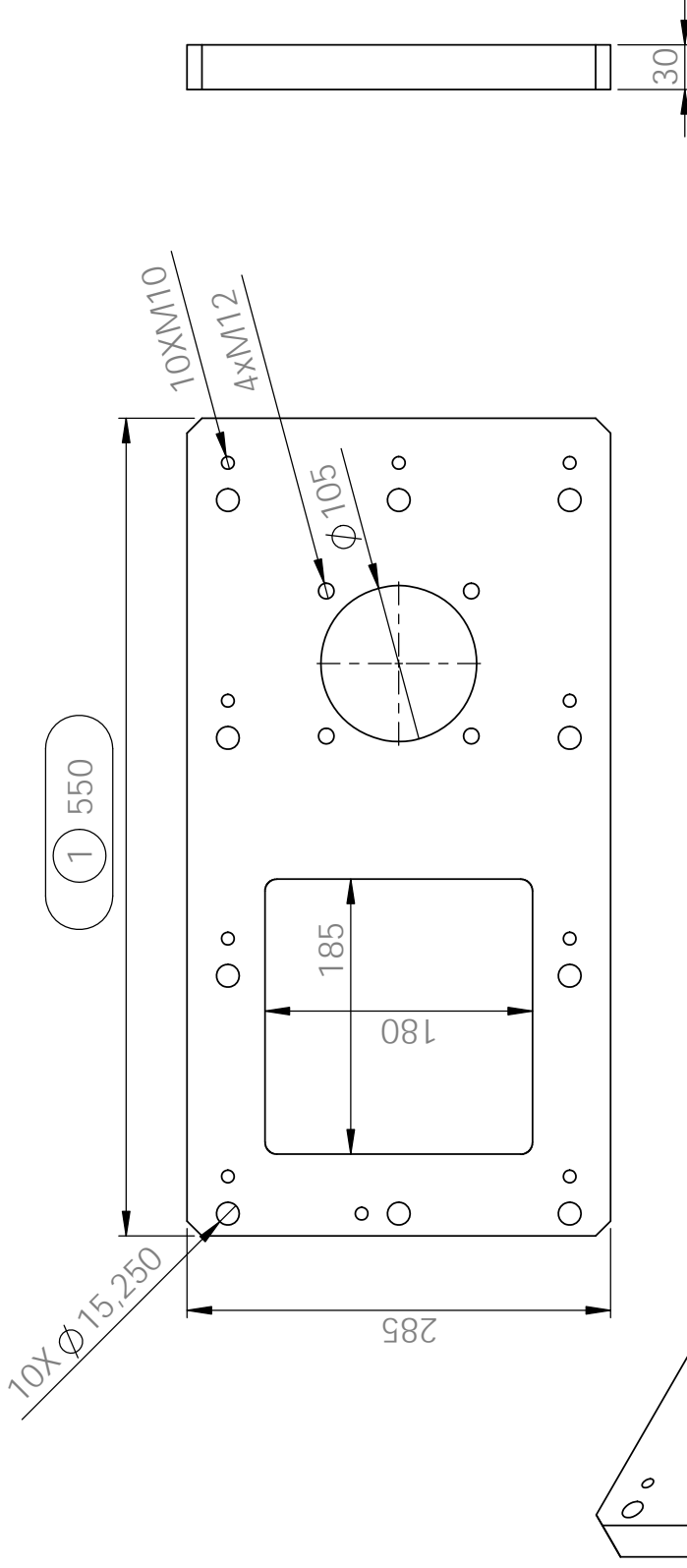


NP 327 - ISO 128


Artigo / Desenho: N/D

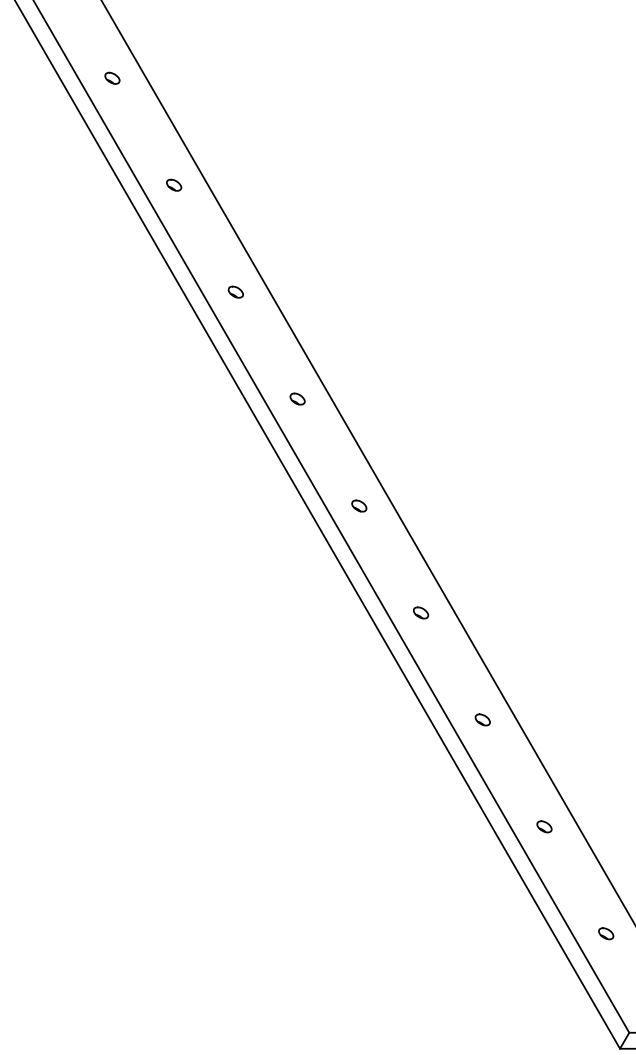
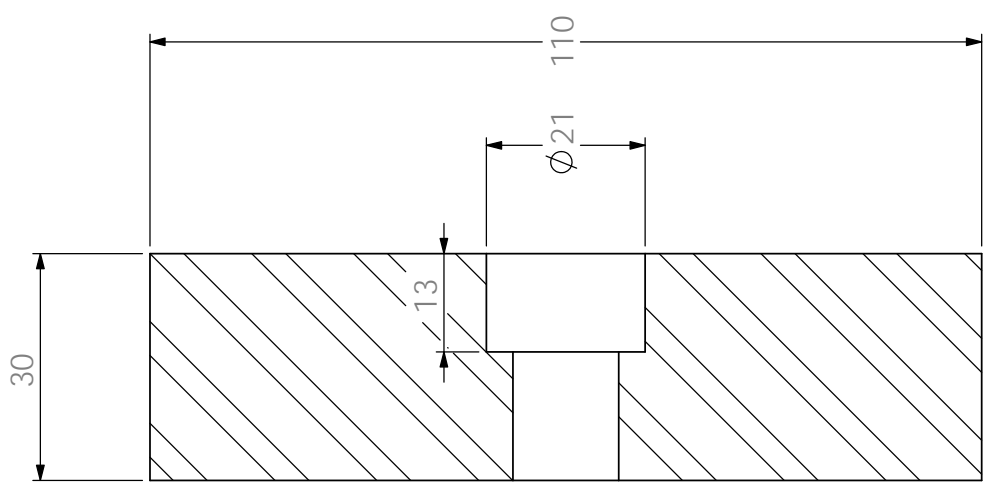
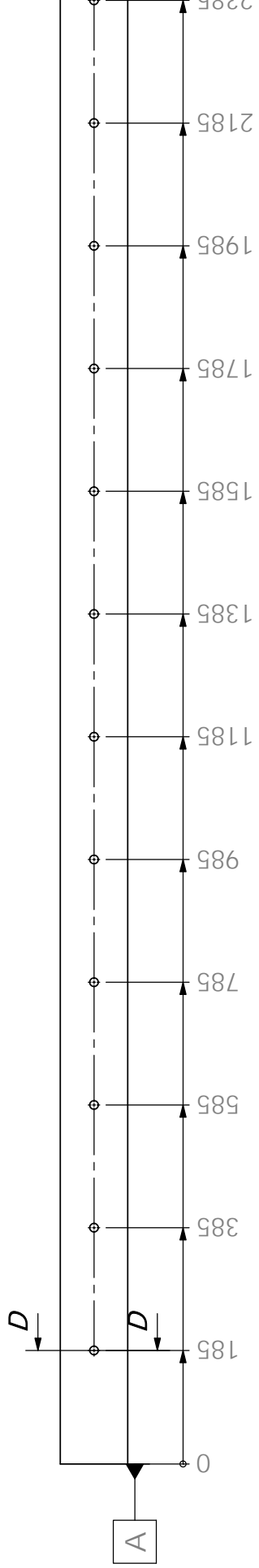
N/D

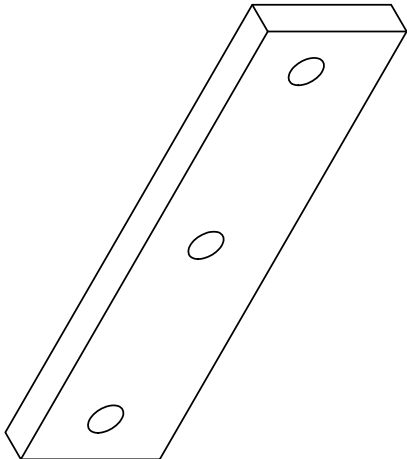
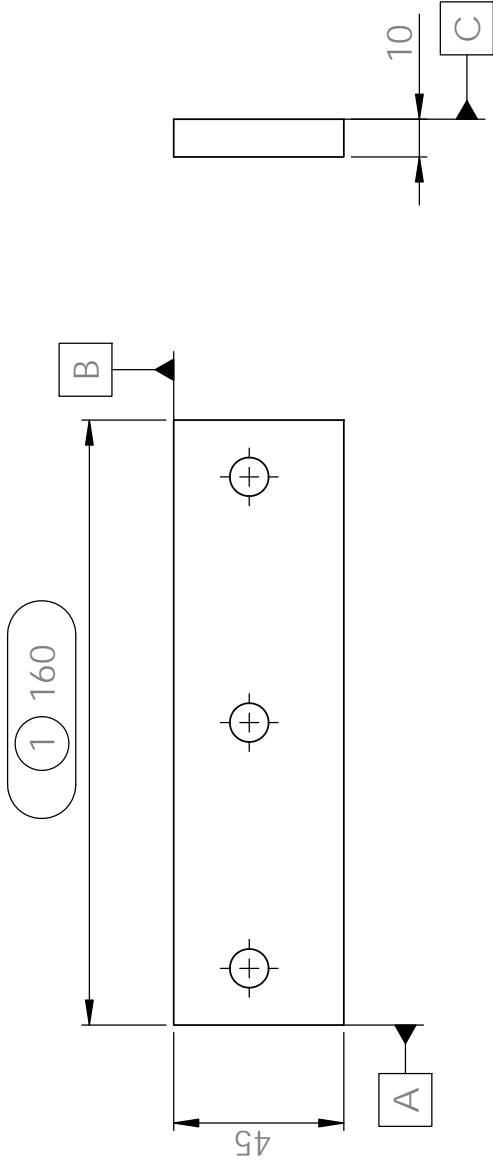
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	



Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		



		Material : Aço S 235		Peso : 26.19 Kg		Folha 1 / 1		
		Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial				
Designação : Barra topo ligacao		Artigo / Desenho: N/D		Tipo		Escala 1:5		
				Área				
				N/D				
Aprov. 22-02-2013 R. Campilho				N/D		Notas:		
Des. 22-02-2013 h.moreira				N/D				
Verif.				N/D				
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO								
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2

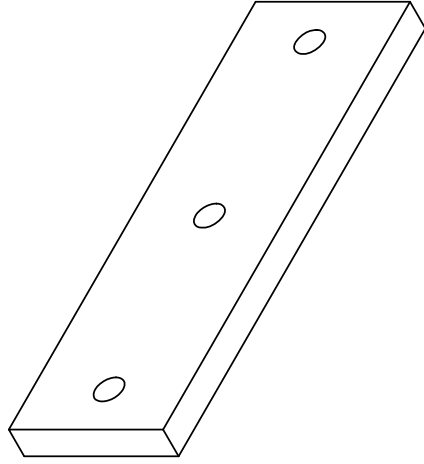
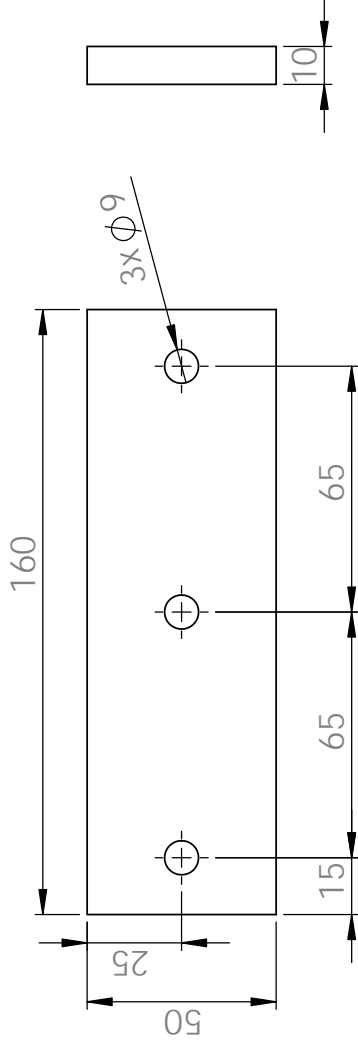




Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			

		Material : <i>Material <not specified></i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 542.29 Kg	Folha 1 / 1
		Designação : Base Suporte bomba		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D N/D N/D Notas:	Escala 1:2
Aprov. 25-02-2013 R. Campilho		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		De 0.50 3 6 30 120 400 1000 2000 Ate 3 6 30 120 400 1000 2000 4000 Valor ± 0.10 ± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2		 NP 327 - ISO 128	



Lista de Corte

Ref.	Artigo	Descrição	Dimensão	Qtd.
1	Base Suporte UPN	Base Suporte UPN	160 mm	1
		Sheet		1



A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	h.moreira
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	R.Campilho

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

Material : Aço S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Base Suporte UPN

Peso : 609.11 Kg

Tratamento Superficial

Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Folha

1 / 1

Escala

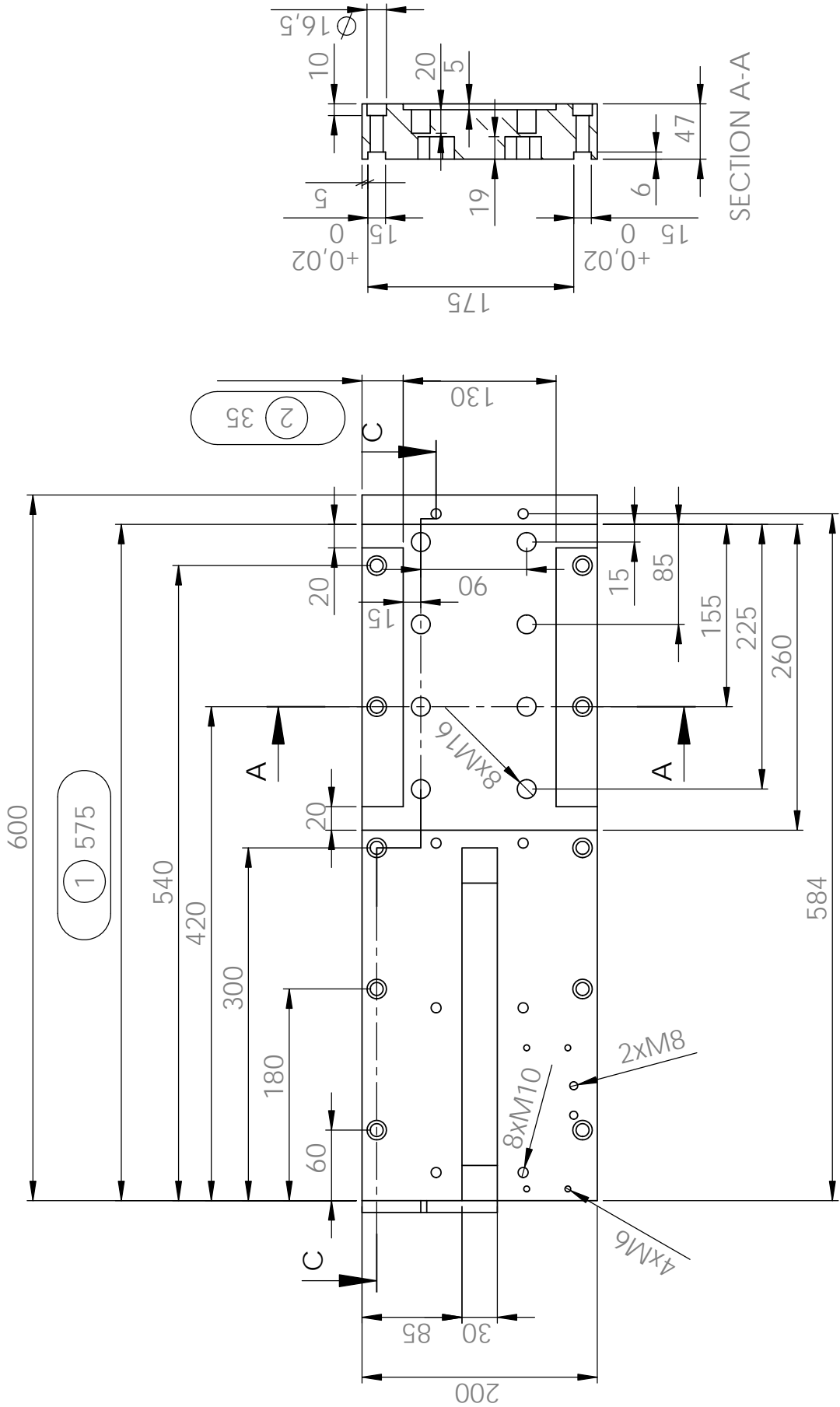
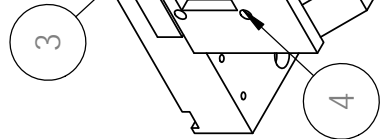
1:2



NP 327 - ISO 128

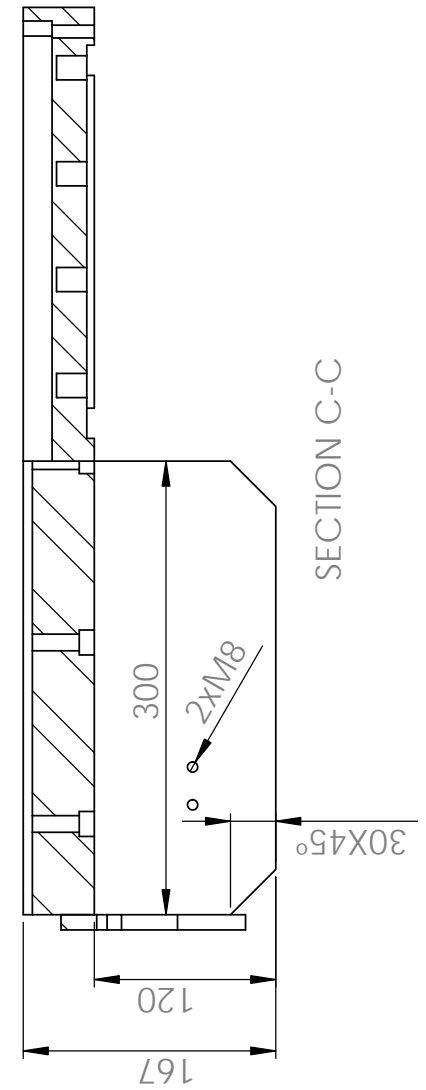
Artigo / Desenho: N/D

N/D



SECTION A-A

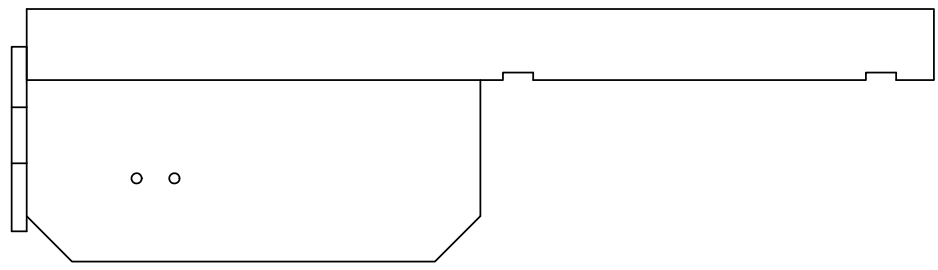
Lista		Relatório	
Ref.	Artigo	Cot a	Nome/Número Equipamento
1	N/D		
2	N/D		
3	N/D		
4	N/D		



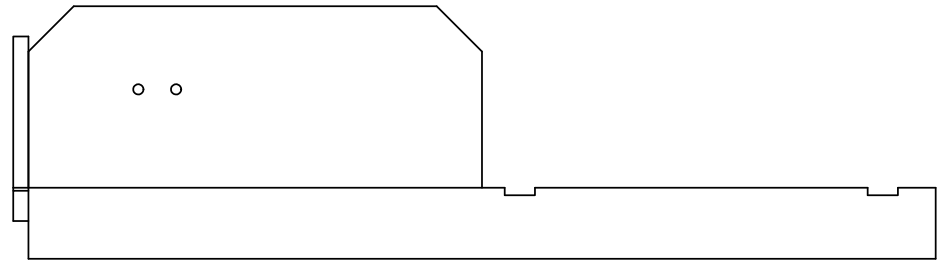
SECTION C-C

2 25

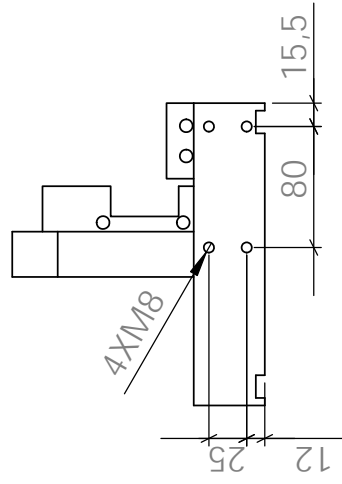
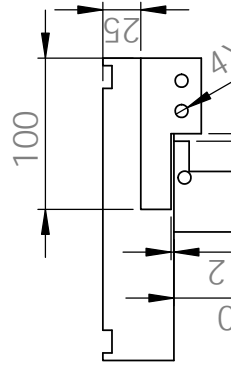
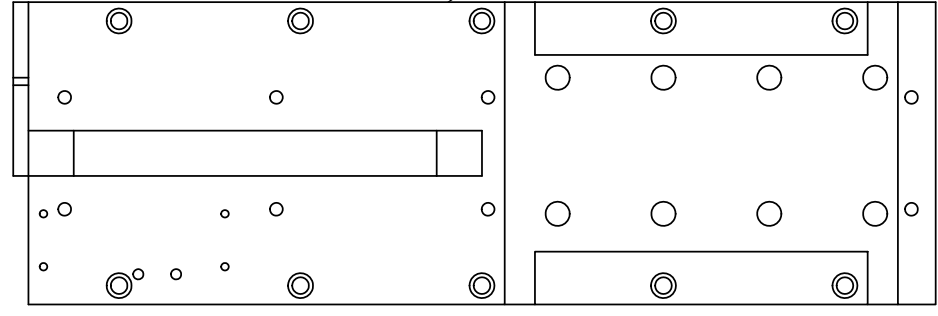
2Peças

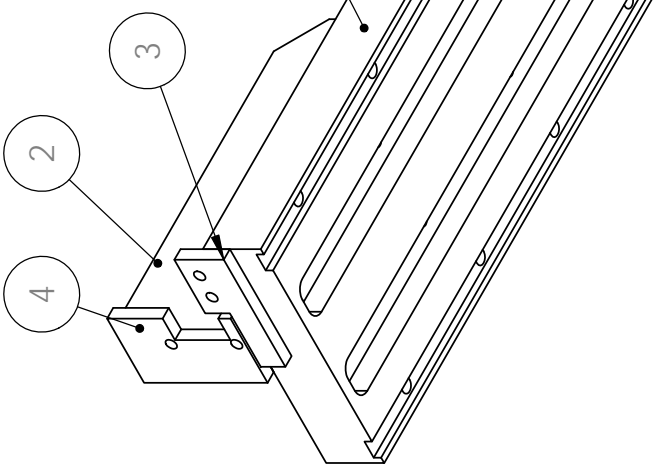


12 25



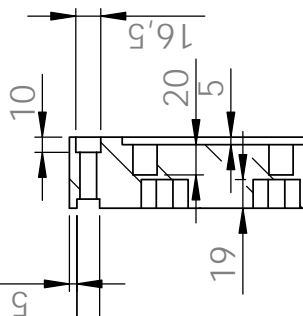
2Peças





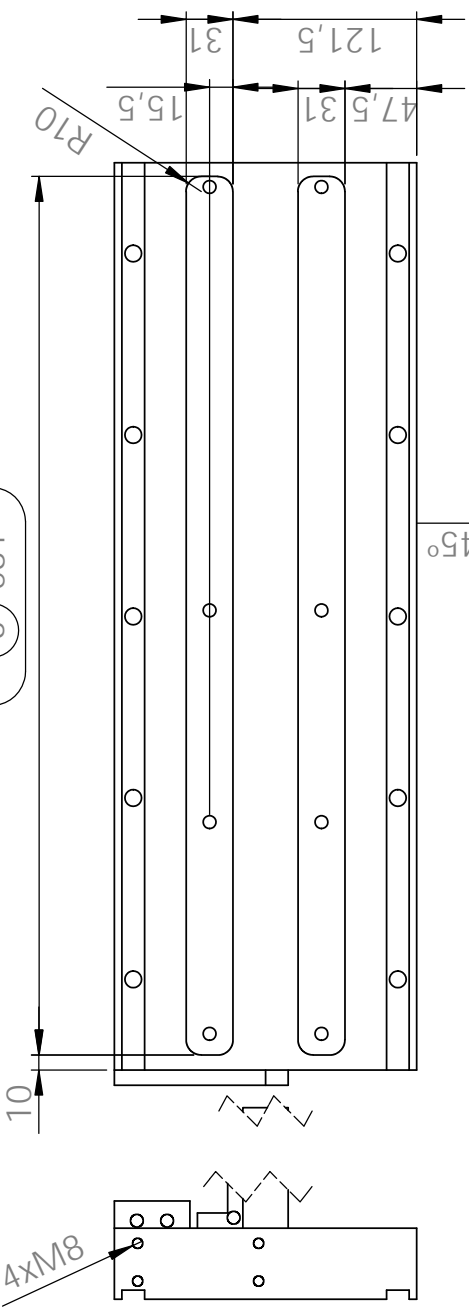
Lista de	
Ref.	Artigo
1	N/D
2	N/D
3	N/D
4	N/D

Relatório de	
Cota	Nome/Número Equipame
1	
2	
3	
4	



H7 +0,02
0
15

3 581



30x45°

300

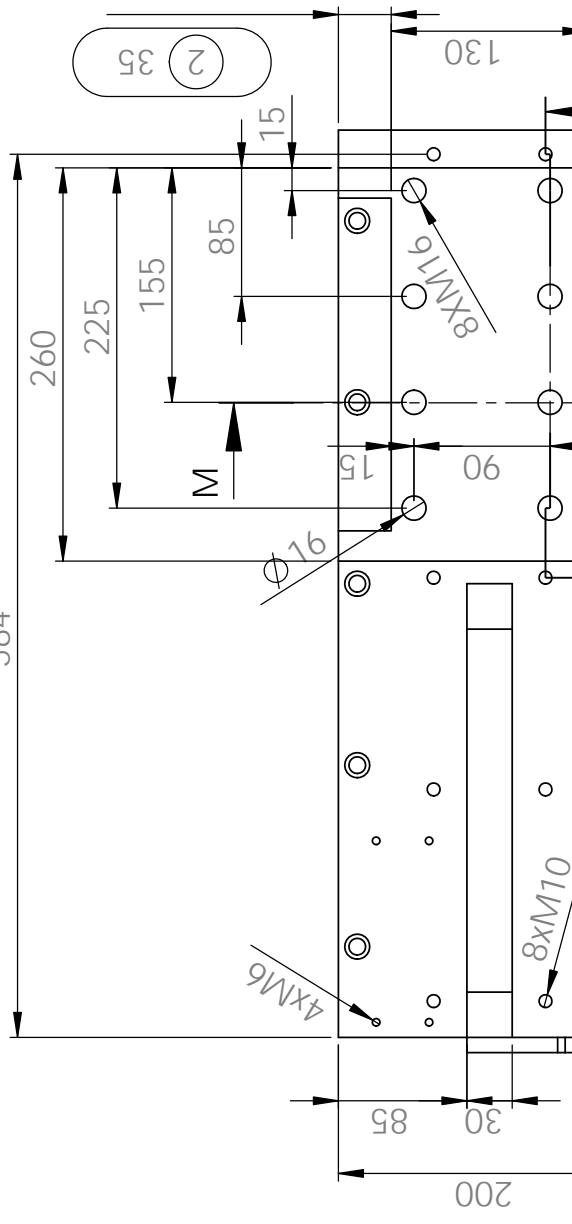
2xM8

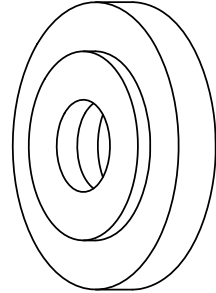
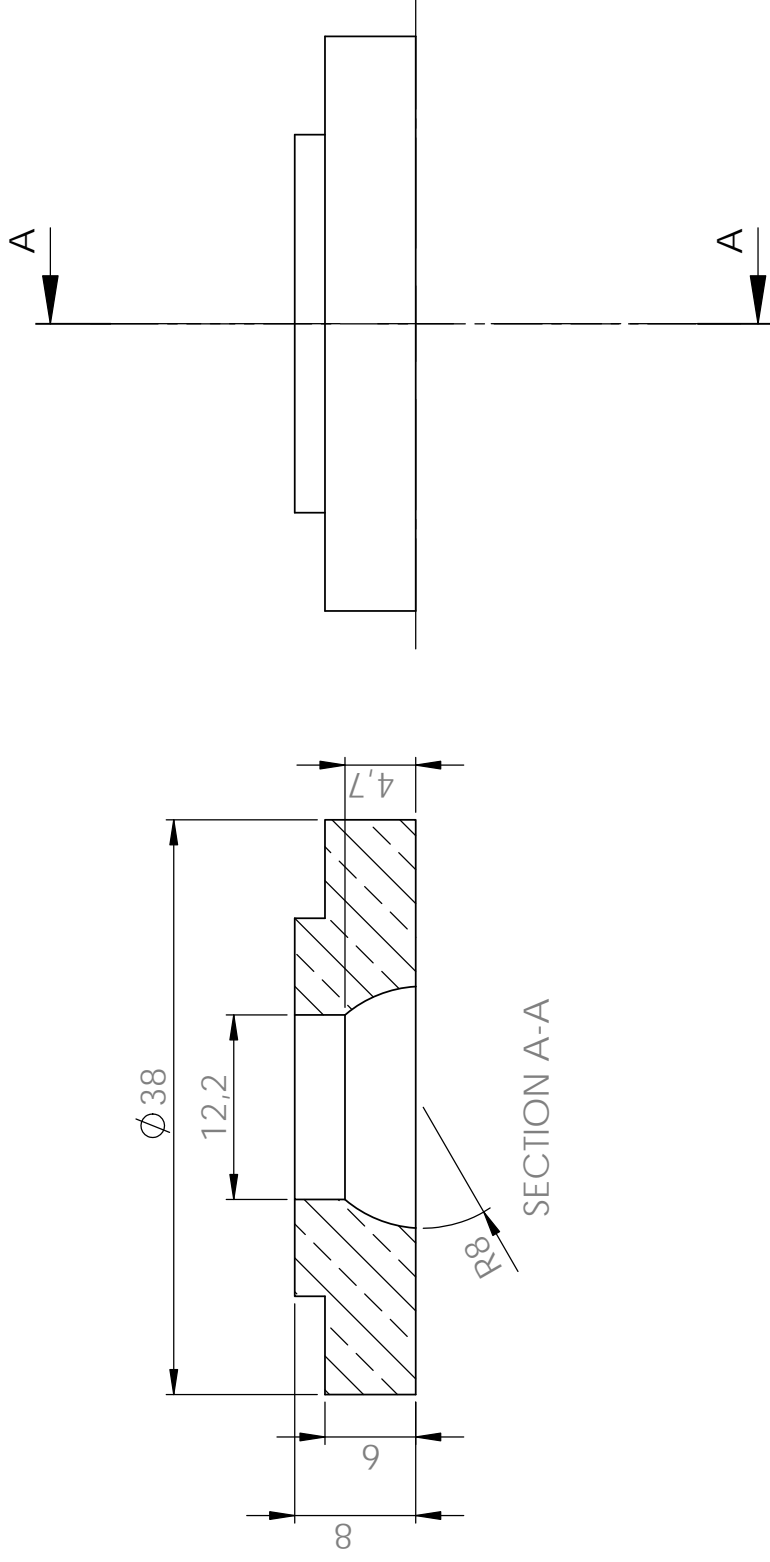
120

167



SECTION J-J

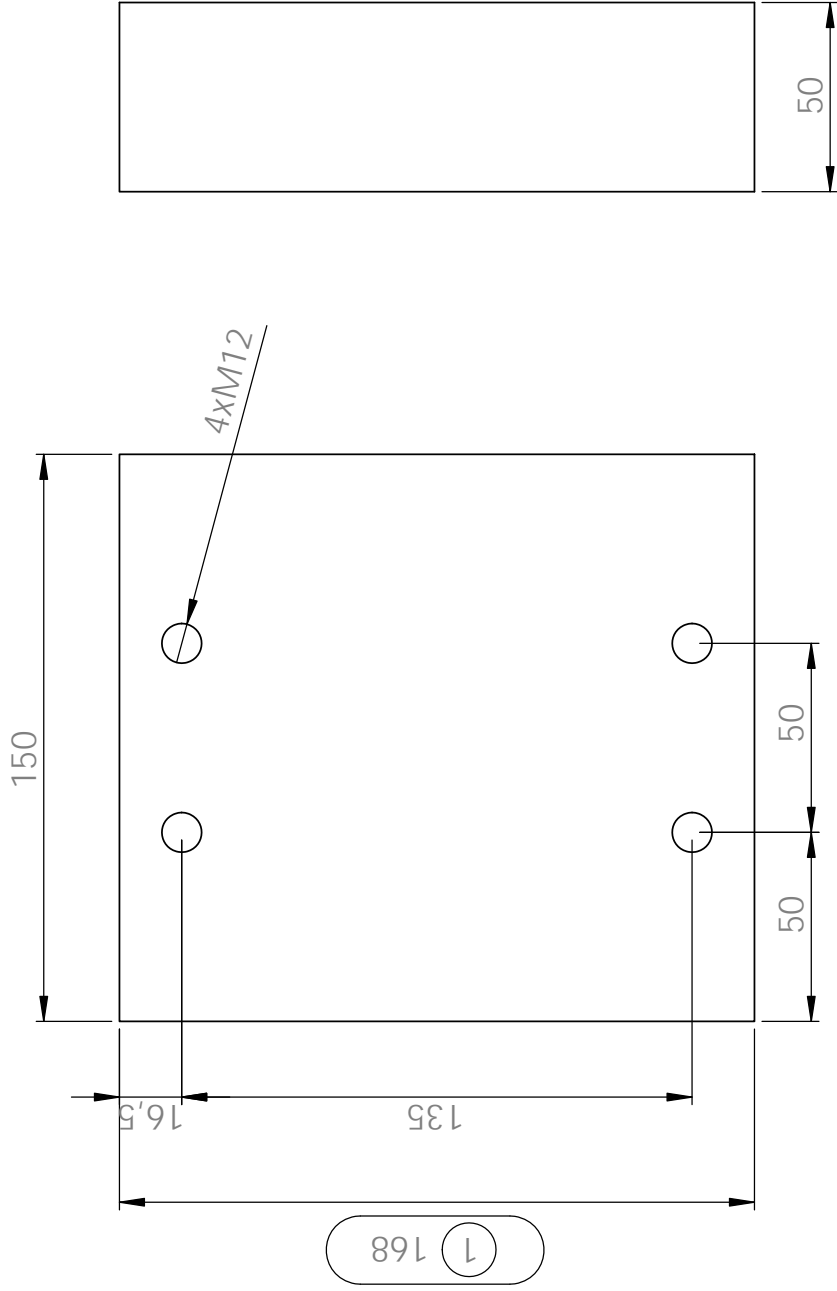
584



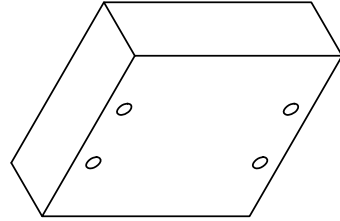



Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			

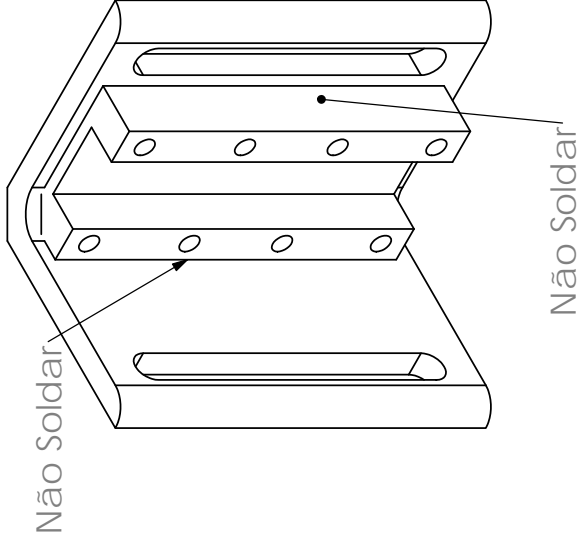
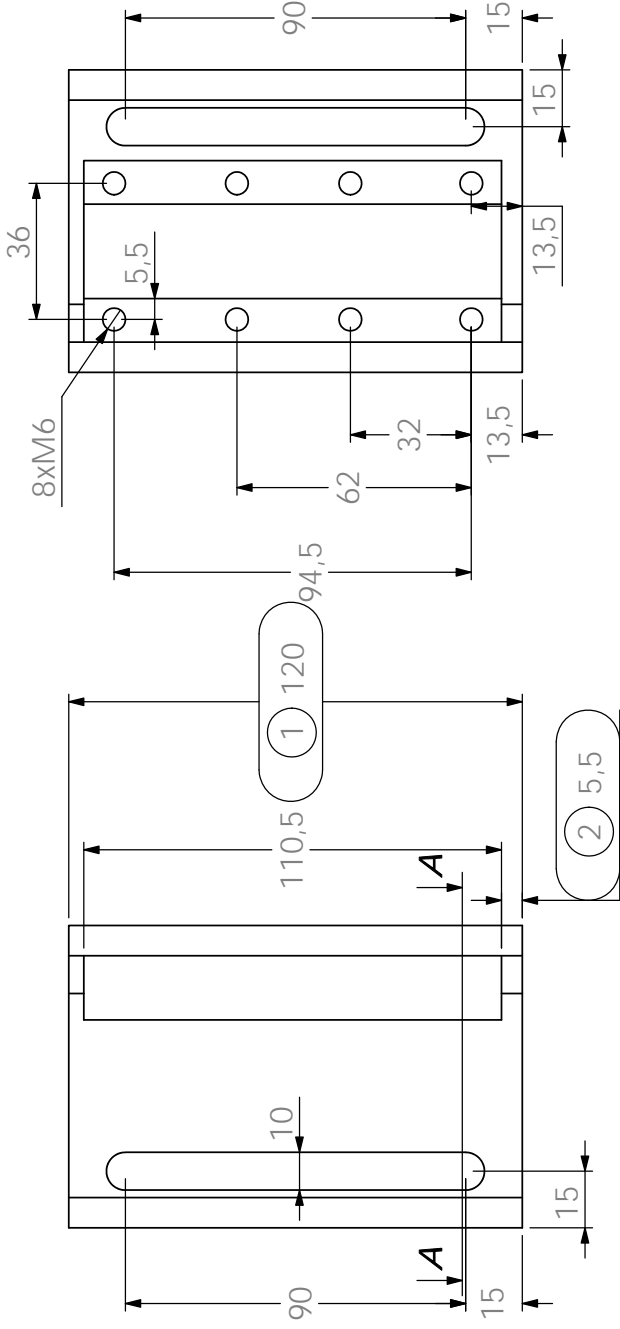
		Material : Latao		Peso : 56.1 Kg		Folha					
		IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial		1 / 1					
A4	Data	Nome	Designação : batente_rotula								
Des.	06-03-2013	N/D									
Verif.											
Aprov.	06-03-2013	R. Campilho									
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO			Artigo / Desenho: N/D		Notas:						
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000			
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2			
					N/D						
					Escala						
					2:1						
											
					NP 327 - ISO 128						



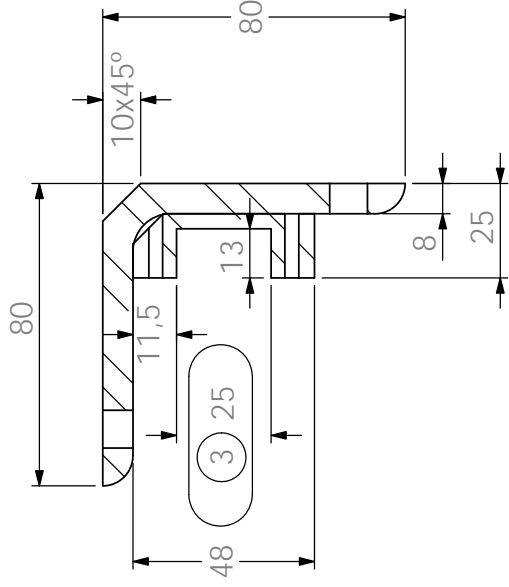
Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			





		Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 9,69 Kg	Folha 1 / 1						
		Designação : Calco chuma sincrov		Tratamento Superficial <table border="1"> <tr> <th>Tipo</th> <th>Área</th> </tr> <tr> <td>N/D</td> <td>N/D</td> </tr> <tr> <td>N/D</td> <td>N/D</td> </tr> <tr> <td>N/D</td> <td>N/D</td> </tr> </table>	Tipo	Área	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Tipo	Área										
N/D	N/D										
N/D	N/D										
N/D	N/D										
A4 Des. 28-03-2013 Verif. Aprov. 28-03-2013		Nome h.moreira R.Campilho		Artigo / Desenho: N/D *N/D*							
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000			
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2			



Lista de Corte			
Ref.	Artigo	Descrição	Dimensão Qtd.
1	Base_esticSup_corr enteElv	Base_esticSup_corr _{enteElv}	80 mm 1
2	110.5x48x21mm	110.5x48x21mm	22 mm 1
Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			
3			

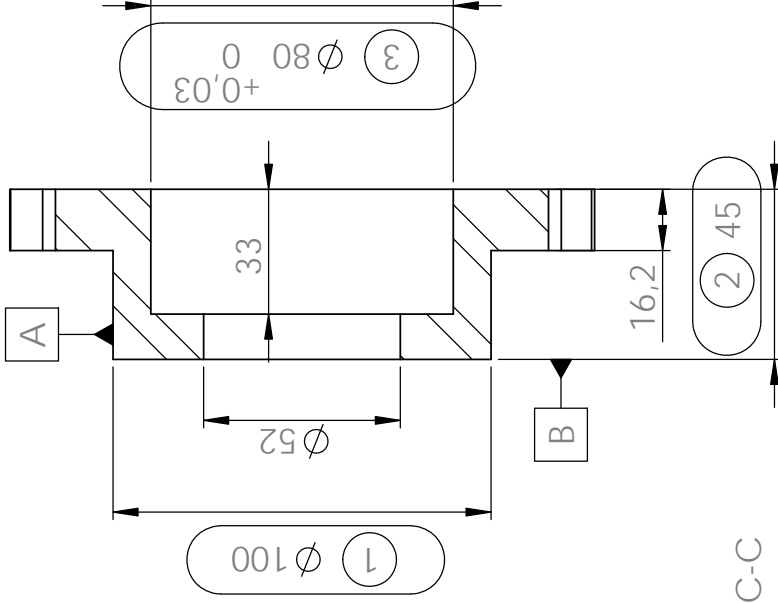
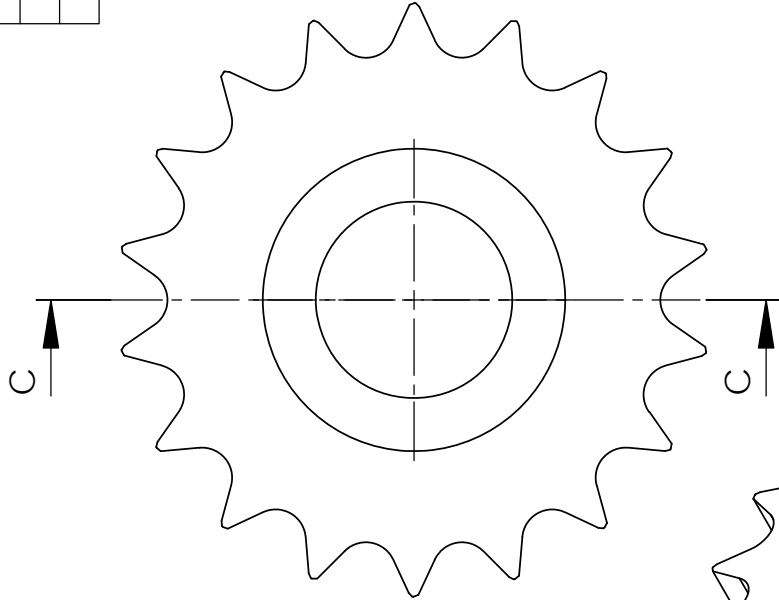


SECTION A-A

				Material : S235				Peso : 1.3 Kg		Folha 1 / 1	
				Designação : Cantoneira Esticador Corrente				Tratamento Superficial		Escala 1:2	
								Tipo			
								Área			
A4				Data				Nome			
Des.				23-02-2013				h.moreira			
Verif.											
Aprov.				23-02-2013				R.Campilho			
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											
De		0.50		3		6		30		120	
Ate		3		6		30		120		400	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50	
										± 0.80	
										± 1.2	
										± 2	
Artigo / Desenho: N/D						*N/D *					
						NP 327 - ISO 125					

Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



SECTION C-C



A4	Data	Nome
Des.	28-03-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	28-03-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO					
De	0.50	3	6	30	120
Ate	3	6	30	120	400
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50
	± 0.80	± 1.2	± 1.2	± 1.2	± 2

Material : Aço S275

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Carreto Crrnt Simples 16 B1
3/4" Z = 18

Peso : 2.22 Kg

Tratamento Superficial

Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Folha

1 / 1

Escala

1:2

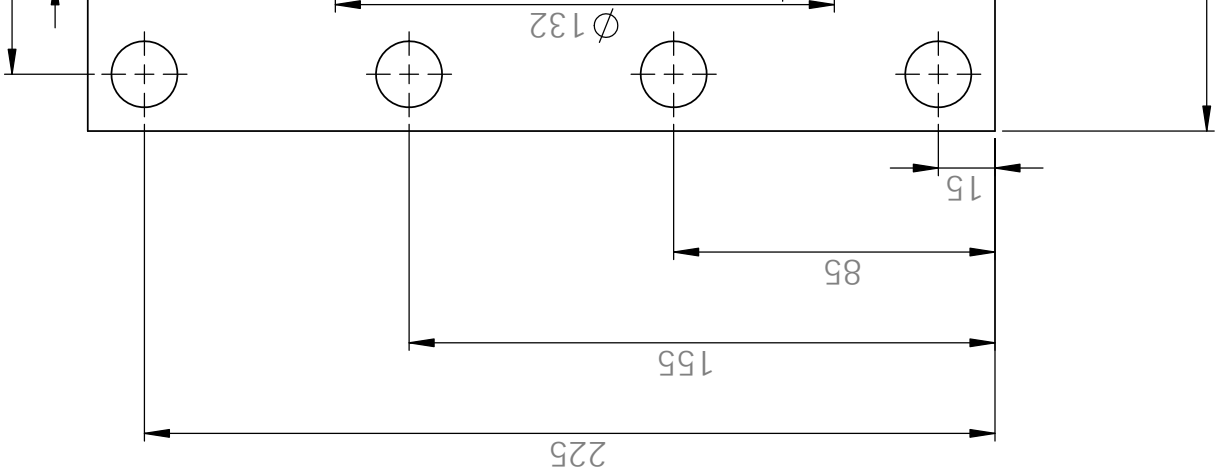
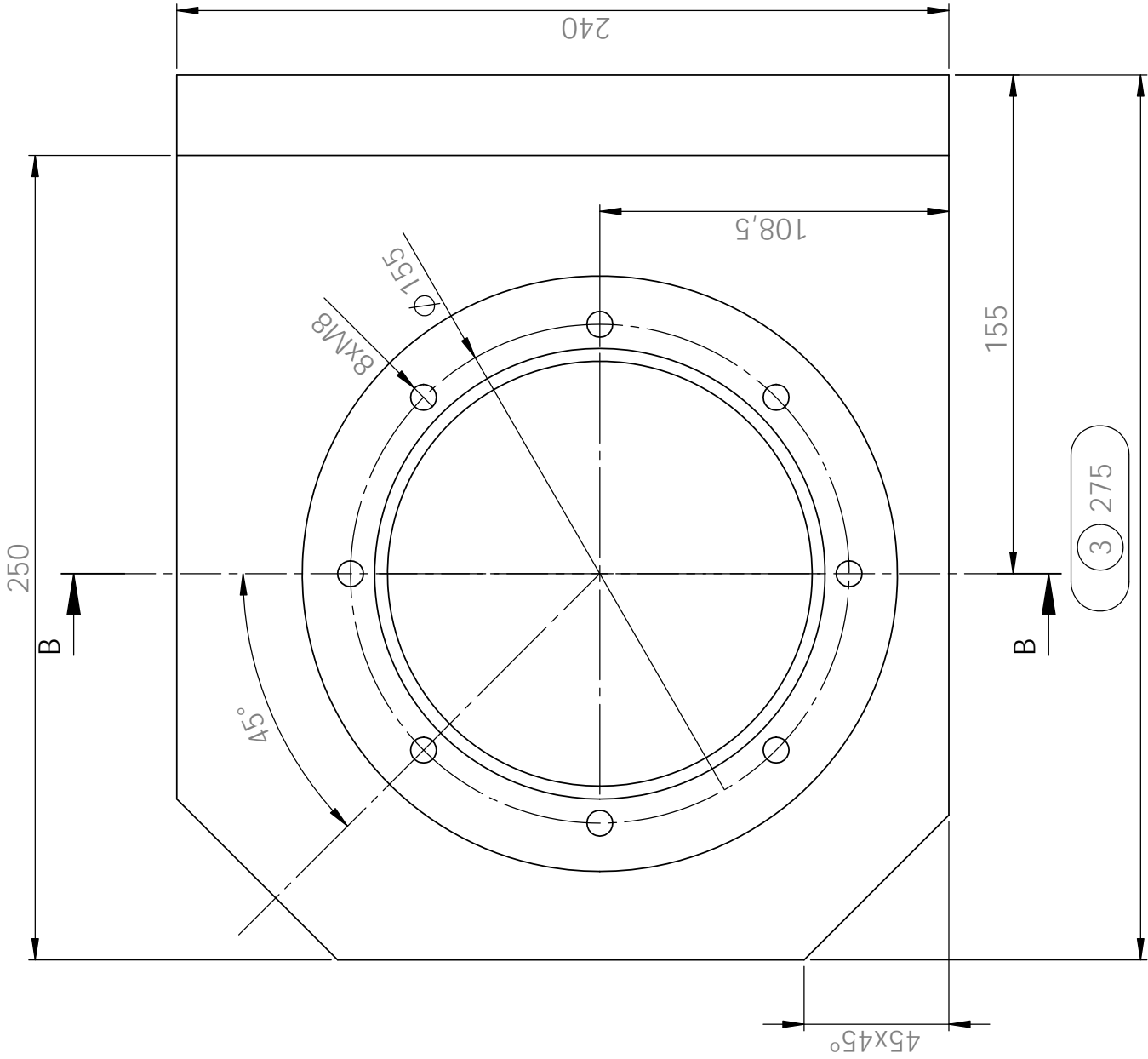


NP 327 - ISO 128

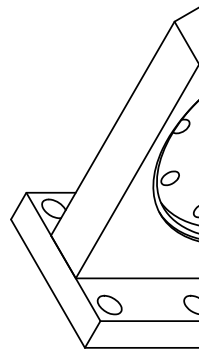
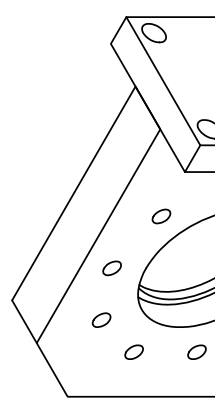
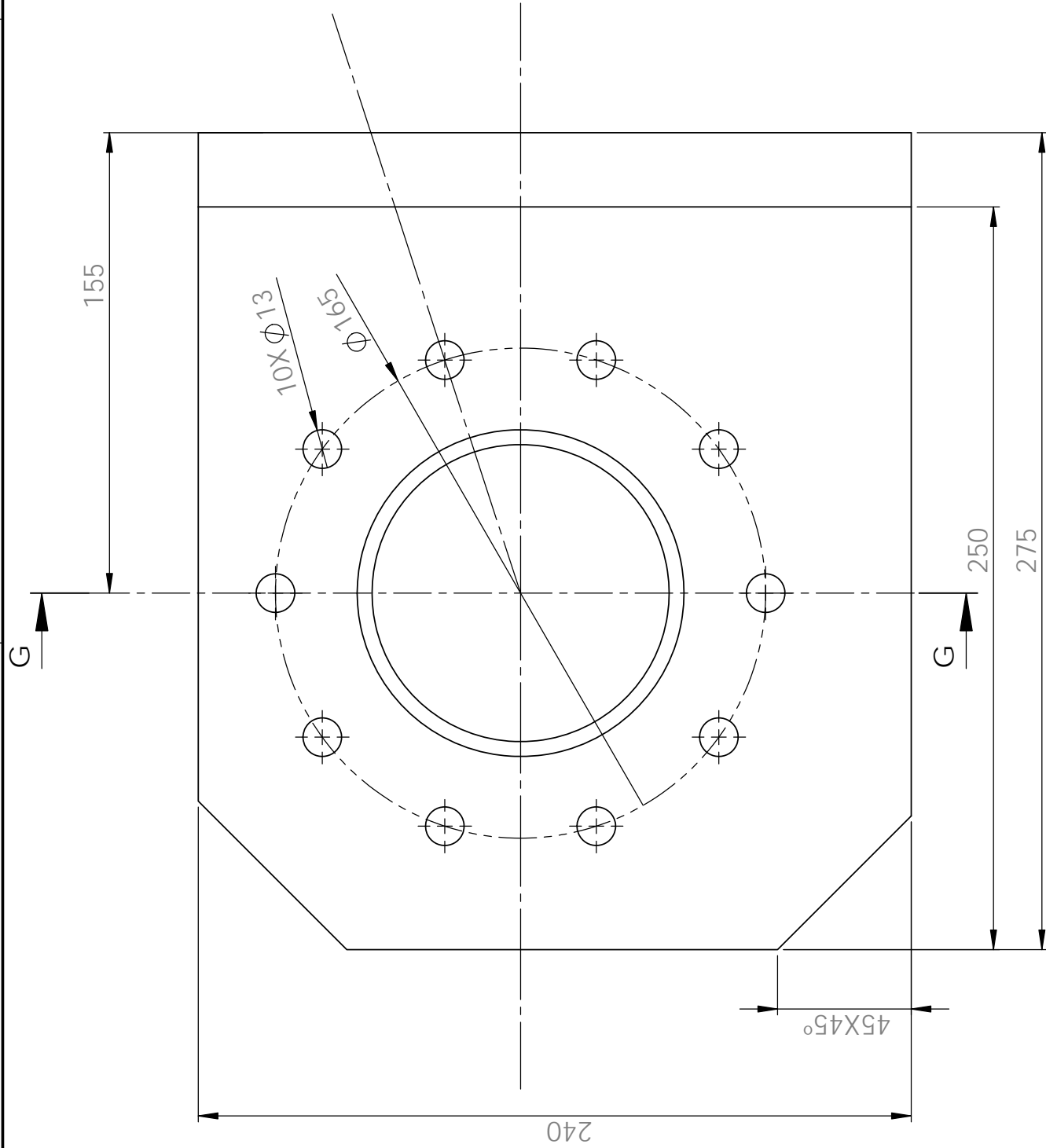
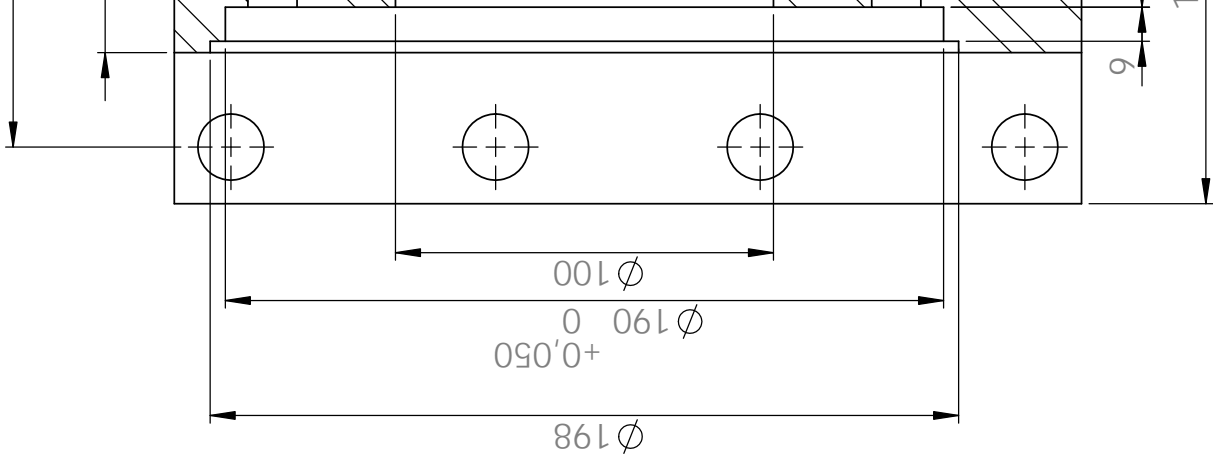
Artigo / Desenho: N/D

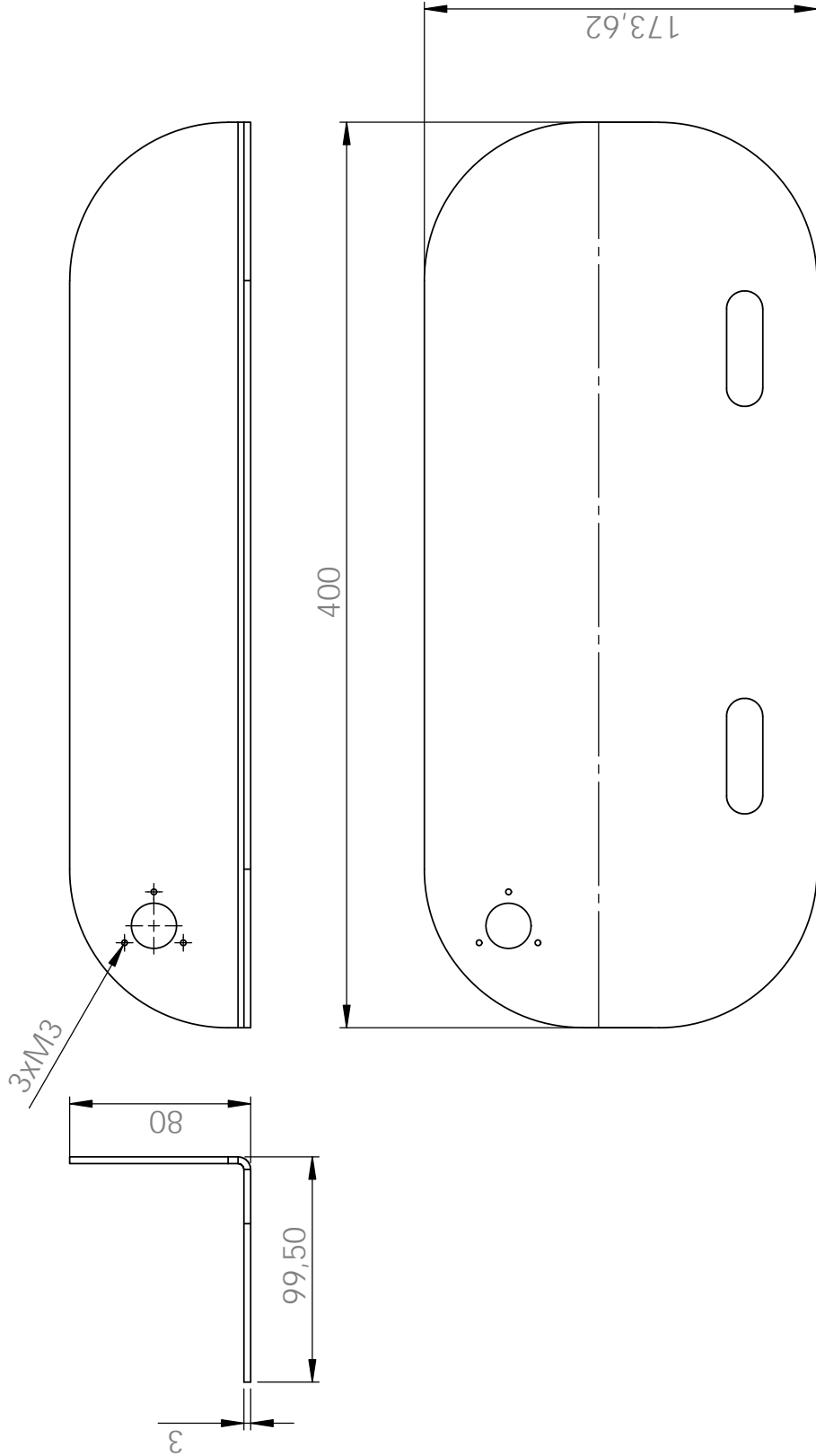
N/D


List		
Artigo	Ref.	
N/D	1	
N/D	2	

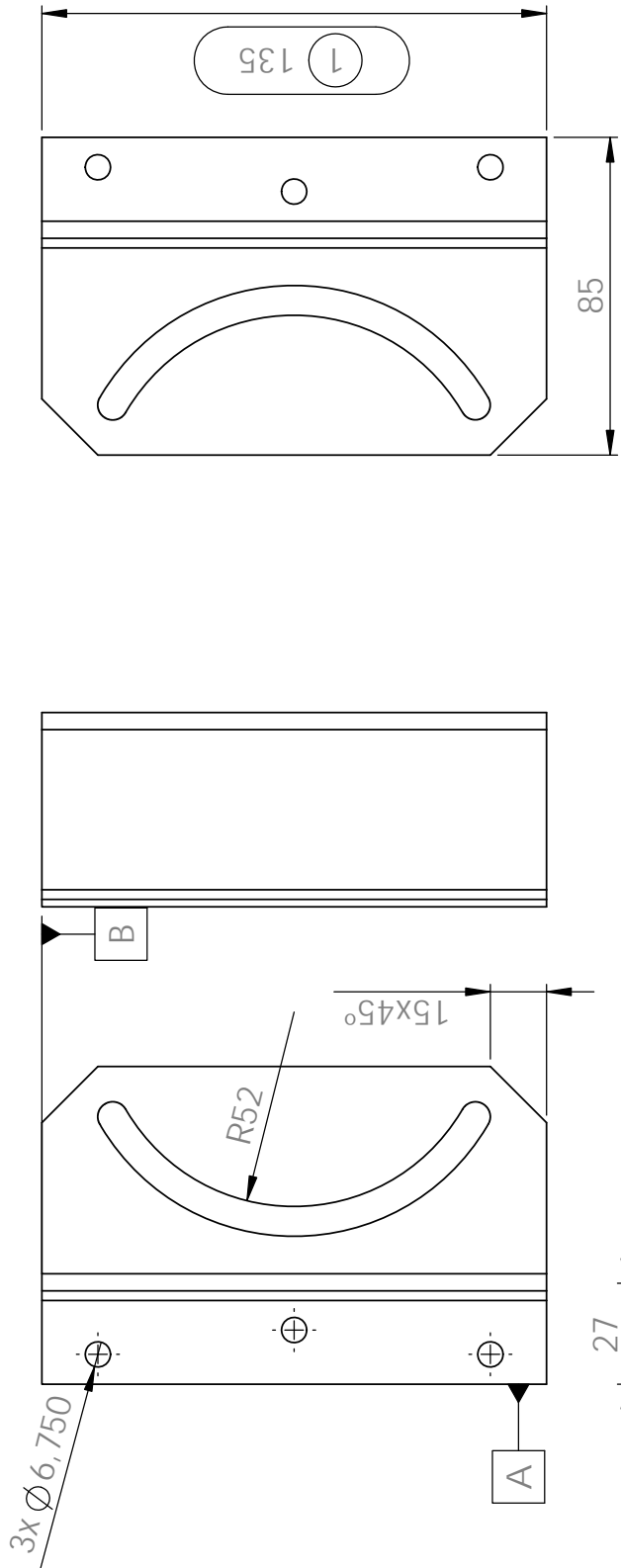


SECTION



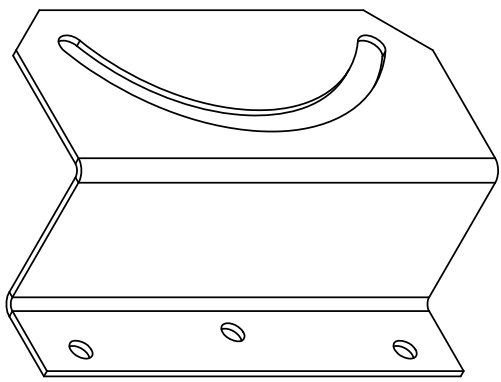




<div></div> <div>H & M</div>				Material : <i>Material <not specified></i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto								Peso : 1513.06 Kg		Folha 1 / 1			
				Designação : Chapa Encoder								Tratamento Superficial		Escala 1:3			
												Tipo					
												Área					
A4				Data				Nome				Artigo / Desenho: N/D *N/D*					
Des.				25-02-2013				h.moreira									
Verif.																	
Aprov.				25-02-2013				R.Campilho									
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO																	
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	

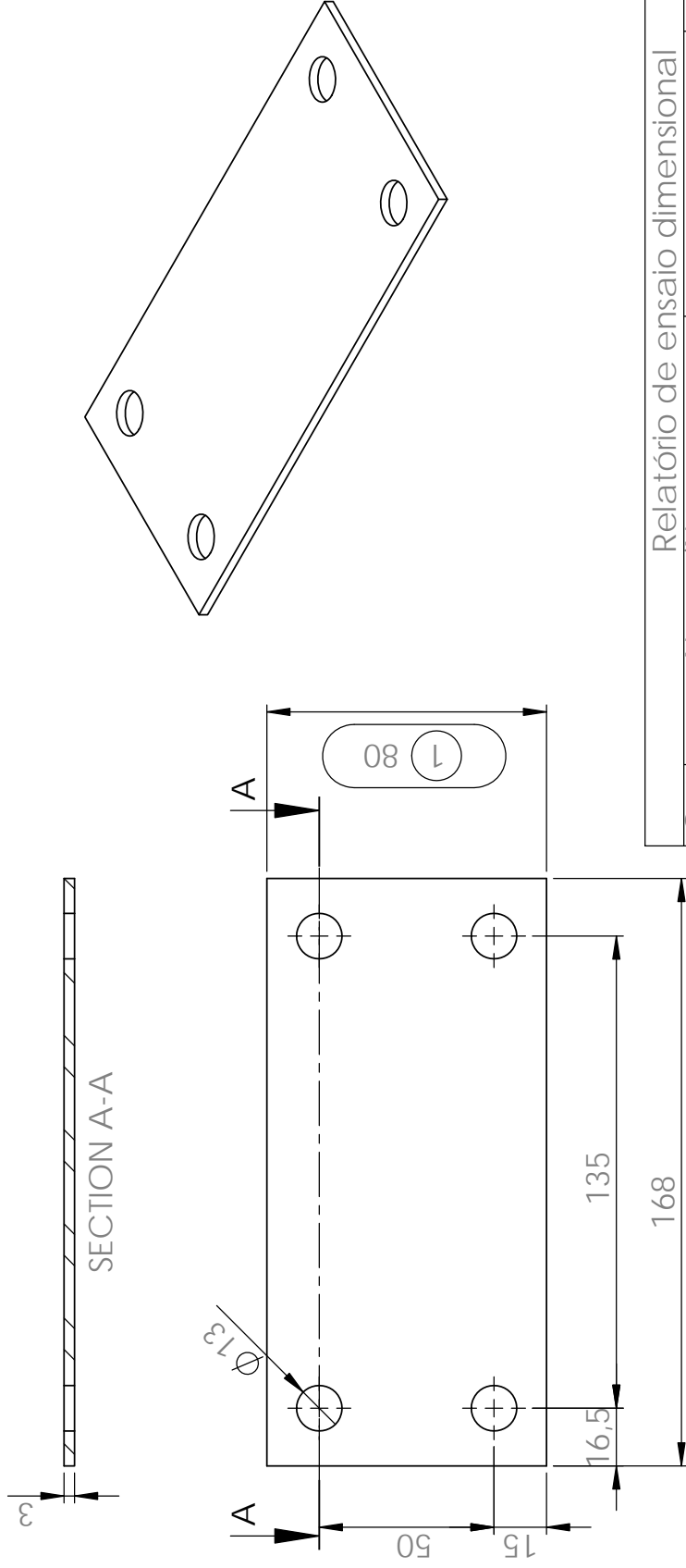


ALTERAR CODIGO PORQUE
PASSOU PARA AÇO INOX

Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			



		Material : AISI 304 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 260.53 Kg	Folha 1 / 1	
A4	Data 28-03-2013	Nome h.moreira	Designação : Chapa Fix Sensores Rotacao			
Des.	28-03-2013	h.moreira				
Verif.						
Aprov.	28-03-2013	R.Campilho				
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO			Artigo / Desenho: N/D			
De	0.50	3	6	30	1000	2000
Ate	3	6	30	120	400	2000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 1.2 ± 2
			N/D			
			Notas:			
			Tratamento Superficial			
			Tipo	Área		
			N/D	N/D		
			N/D	N/D		
			N/D	N/D		
			Escala 1:2			
			 NP 327 - ISO 128			



Relatório de ensaio dimensional		
Cot	Nome/Número Equipamento	Valor medido
a		
1		
2		

Assinatura



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

Material : *Chapa Aco DCO1+ZE*

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

*Chapa Fixacao
Chumaceira Sinc*

Artigo / Desenho: *N/D*

N/D

Folha

1

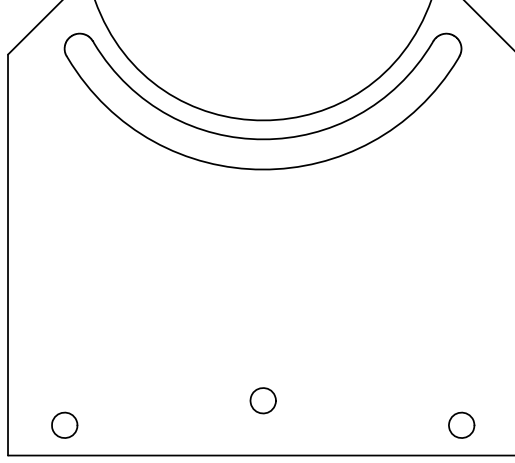
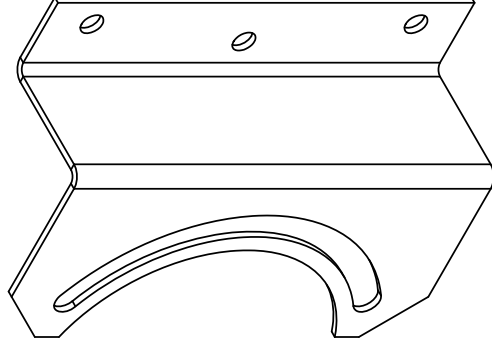
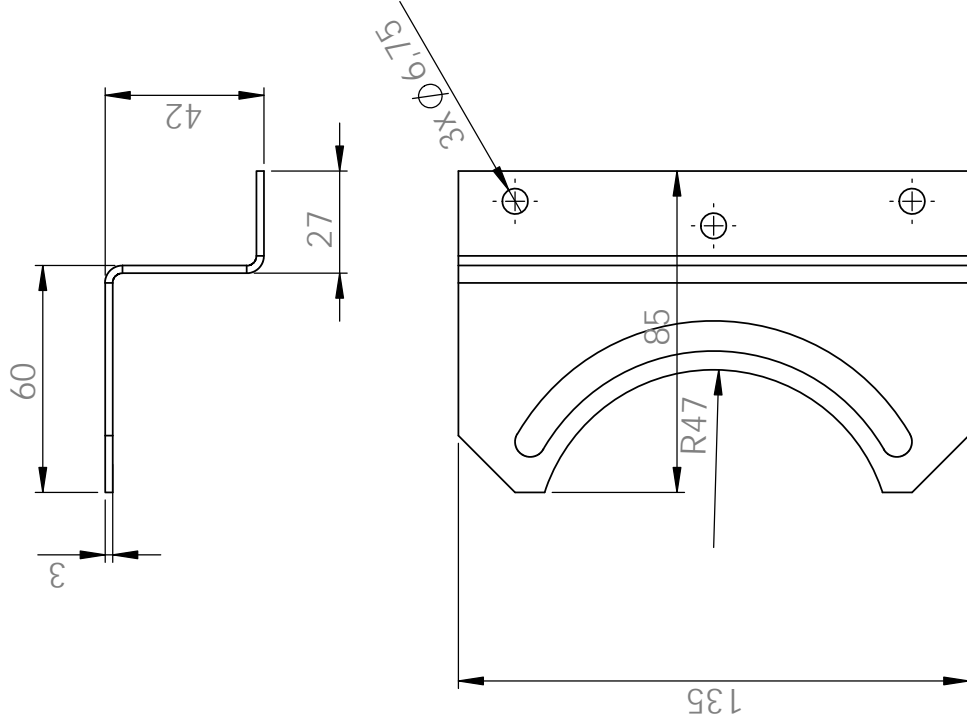
1

Escala

1:2



NP 327 - ISO 128

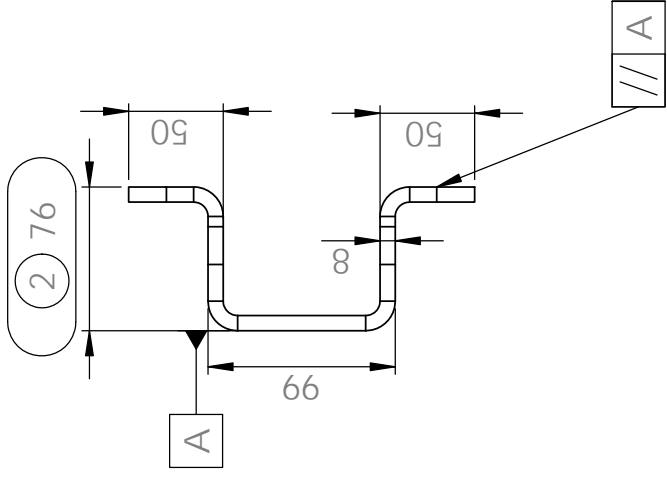
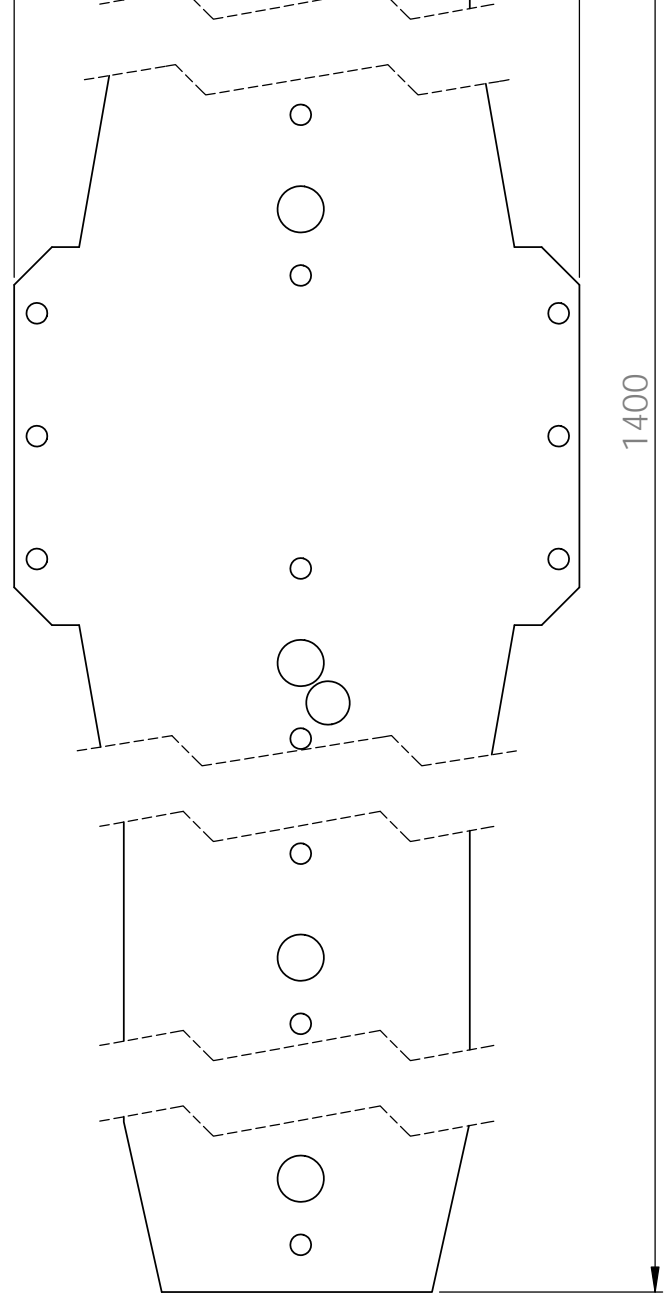
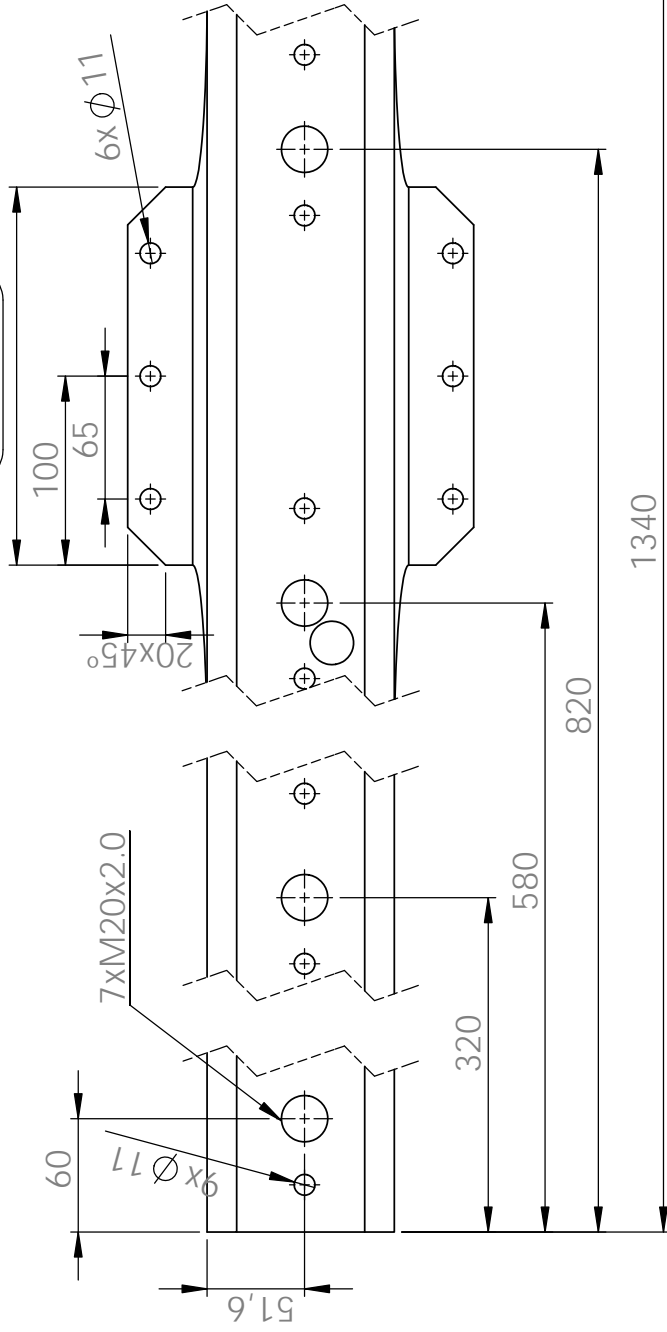


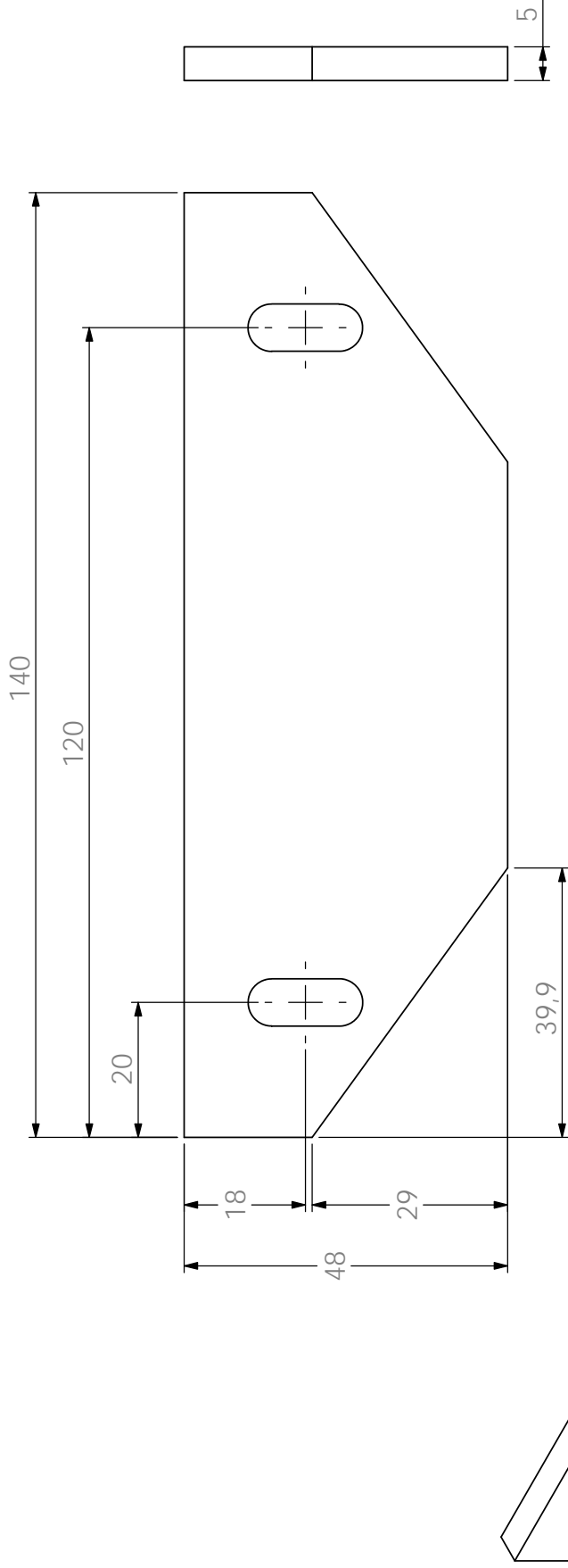
A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	<i>R.Campilho</i>
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		
De	0.50	3 6 30
Ate	3	6 30 120
Valor	± 0.10	± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2

Material : <i>Material <not specified></i>		Peso : 205.68 Kg	
Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial	
Designação : Chapa Fixacao Sensores		Tipo	Área
		N/D	N/D
		N/D	N/D
		N/D	N/D
		Notas:	
		Artigo / Desenho: N/D	
		N/D	

Folha	1 / 1
Escala	1:2
NP 327 - ISO 128	

(1) 200





A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	± 2

Material : *Aço S275*

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Chapa Raspador

Peso : *208.47 Kg*

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
<i>N/D</i>	<i>N/D</i>
<i>N/D</i>	<i>N/D</i>
<i>N/D</i>	<i>N/D</i>

Notas:

Folha

1

1

Escala

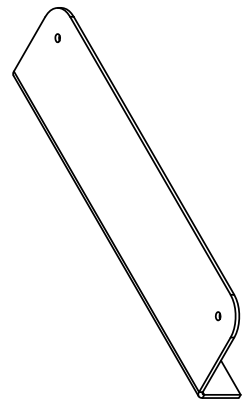
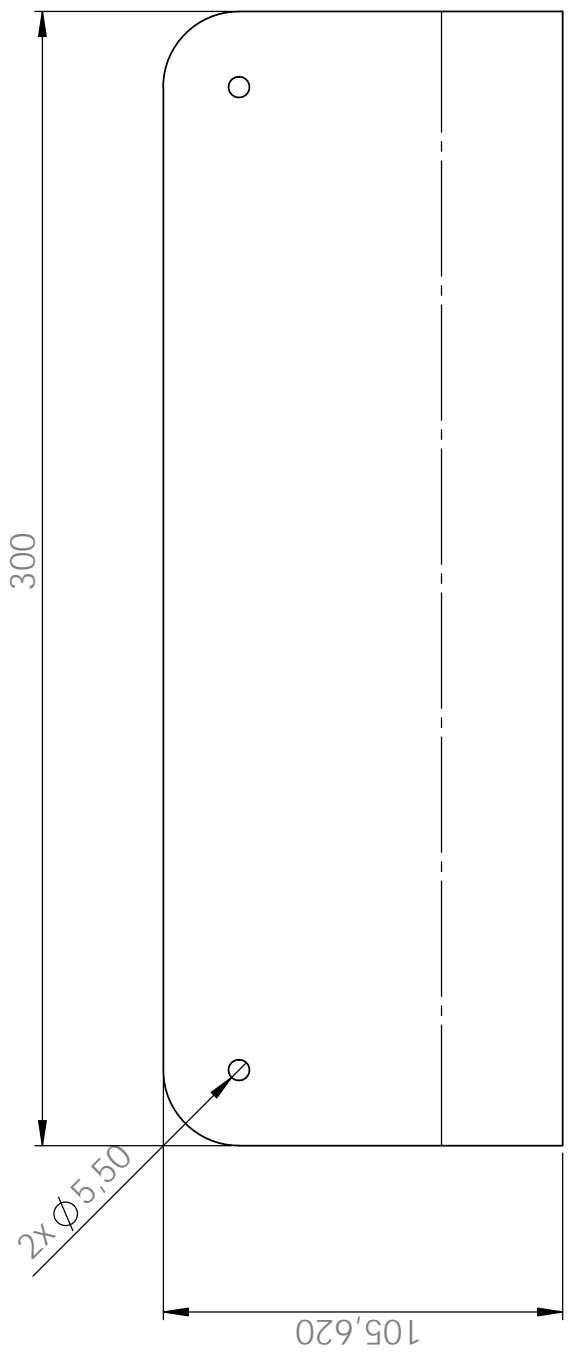
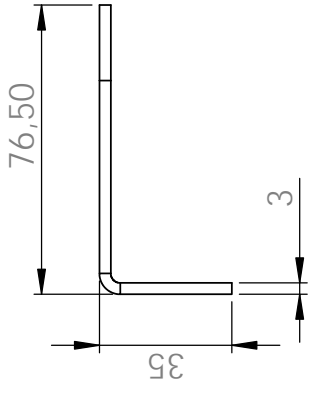
1:1


Artigo / Desenho: *N/D*

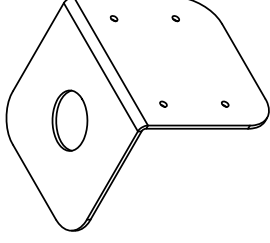
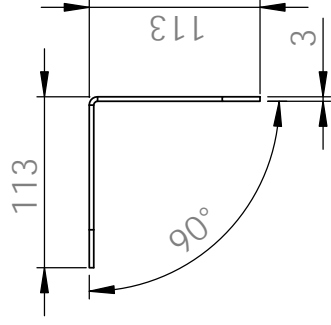
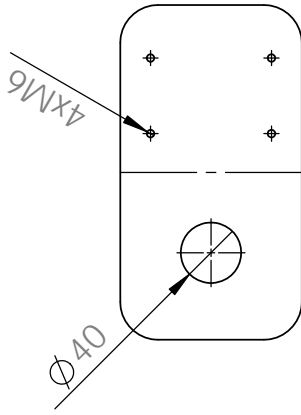
N/D




NP 327 - ISO 128



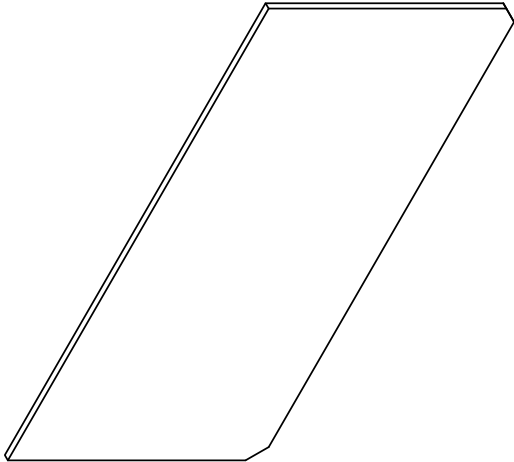
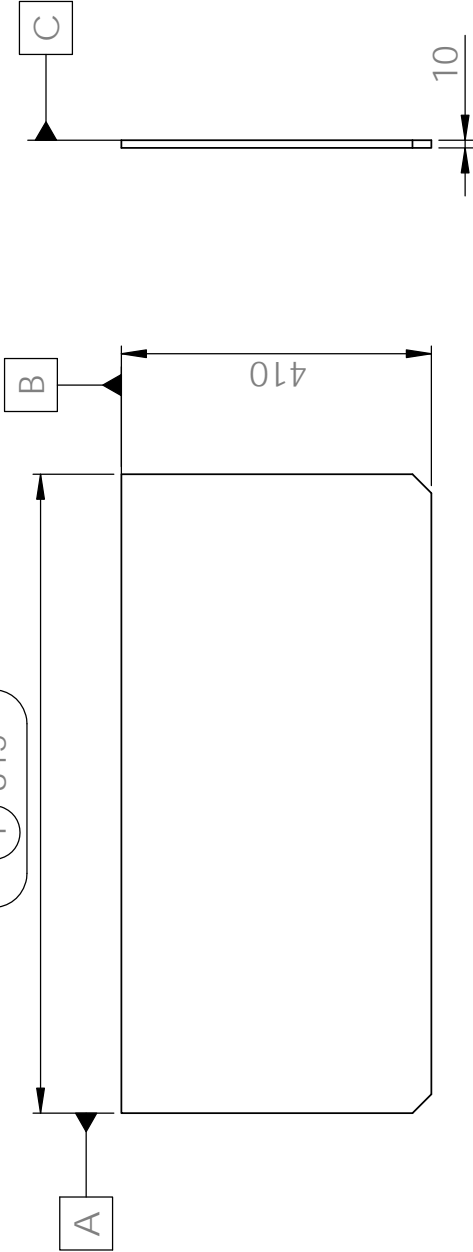
 H & M				A4				Nome																																											
				Des.				28-03-2013				h.moreira																																							
				Verif.																																															
				Aprov.				28-03-2013				R.Campilho																																							
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO												De				0.50	3	6	30	120	400	1000	2000																												
												Ate				3	6	30	120	400	1000	2000	4000																												
Valor																± 0.10				± 0.10				± 0.20				± 0.30				± 0.50				± 0.80				± 1.2				± 2							




A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	<i>R.Campilho</i>
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		
De	0.50	3 6 30
Ate	3	6 30 120
Valor	± 0.10	± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2

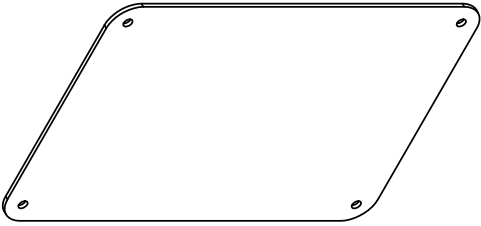
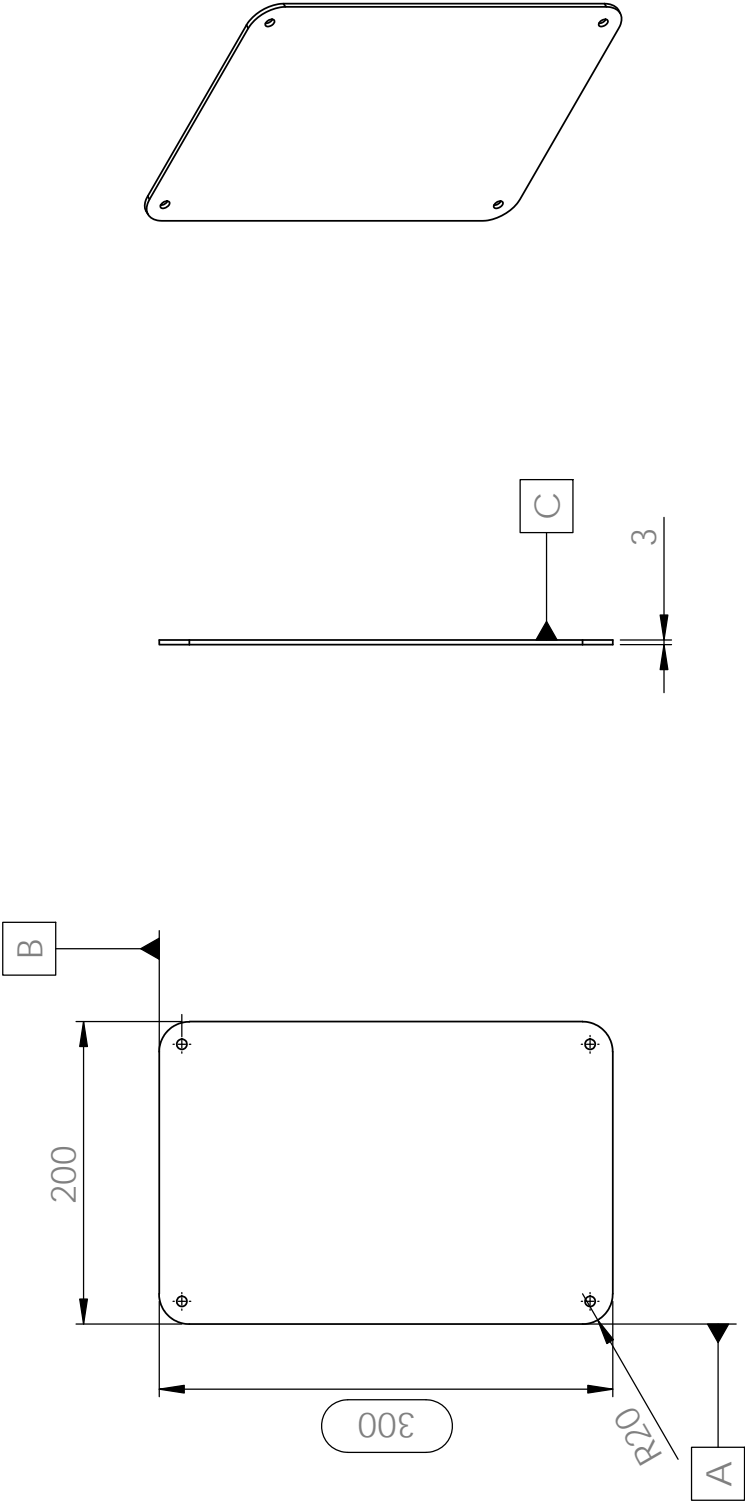
Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto	Peso : 0.58 Kg		Folha 1 / 1	
	Tratamento Superficial			
	Tipo	Área		
	N/D	N/D		
Designação : Chapa Sinalizador	N/D	N/D	Escala 1:5	
	N/D	N/D		
	N/D	N/D		
Notas:				
Artigo / Desenho: N/D			 NP 327 - ISO 128	
N/D				
30				
20				
INFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO				
0	120	400	1000	2000
0	400	1000	2000	4000
30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2


1 845




Relatório de ensaio dimensional			
Cot a	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			

		Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 26974.35 Kg		Folha 1 / 1			
		Designação : Chapa topo suporte		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D		Escala 1:10			
A4		Data	Nome	Artigo / Desenho: N/D *N/D*					
Des.	28-03-2013	h.moreira							
Verif.									
Aprov.	28-03-2013	R.Campilho							
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

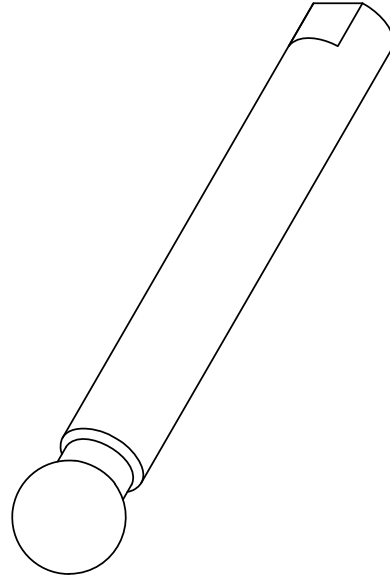
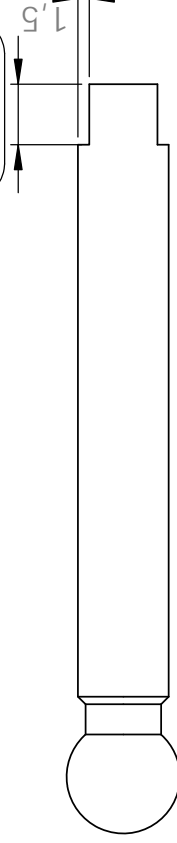
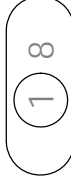
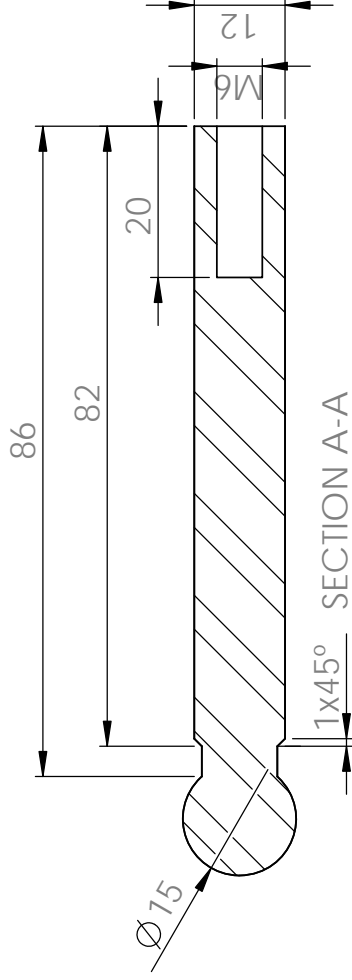
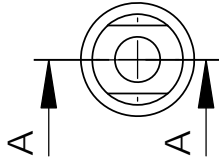


				Material : <i>Chapa Aco DCO1+ZE</i>				Peso : 1.35 Kg		Folha 1 / 1							
Designação : Chapa Topo tubo horiz. sup.				IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial		Escala 1:5							
				Tipo		Área											
				N/D		N/D											
				N/D		N/D											
Aprov. 06-03-2013				R.Campilho				Notas:		Artigo / Desenho: N/D *N/D*							
Des. 06-03-2013				N/D													
Verif.																	
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO																	
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	



NP 327 - ISO 128





Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		

A4	Data	Nome
Des.	06-03-2013	h.moreira
Verif.		
Aprov.	06-03-2013	R.Campilho



Material : AISI 304

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Eixo Rotula Ventosa

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

Artigo / Desenho: N/D

N/D

Peso : 83.4 Kg

Tratamento Superficial

Tipo

Área

N/D

N/D

N/D

Notas:

Folha

1

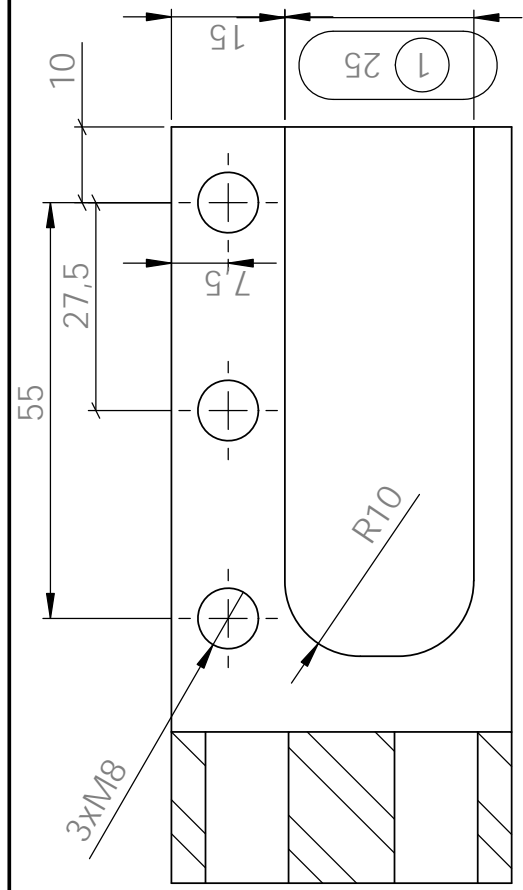
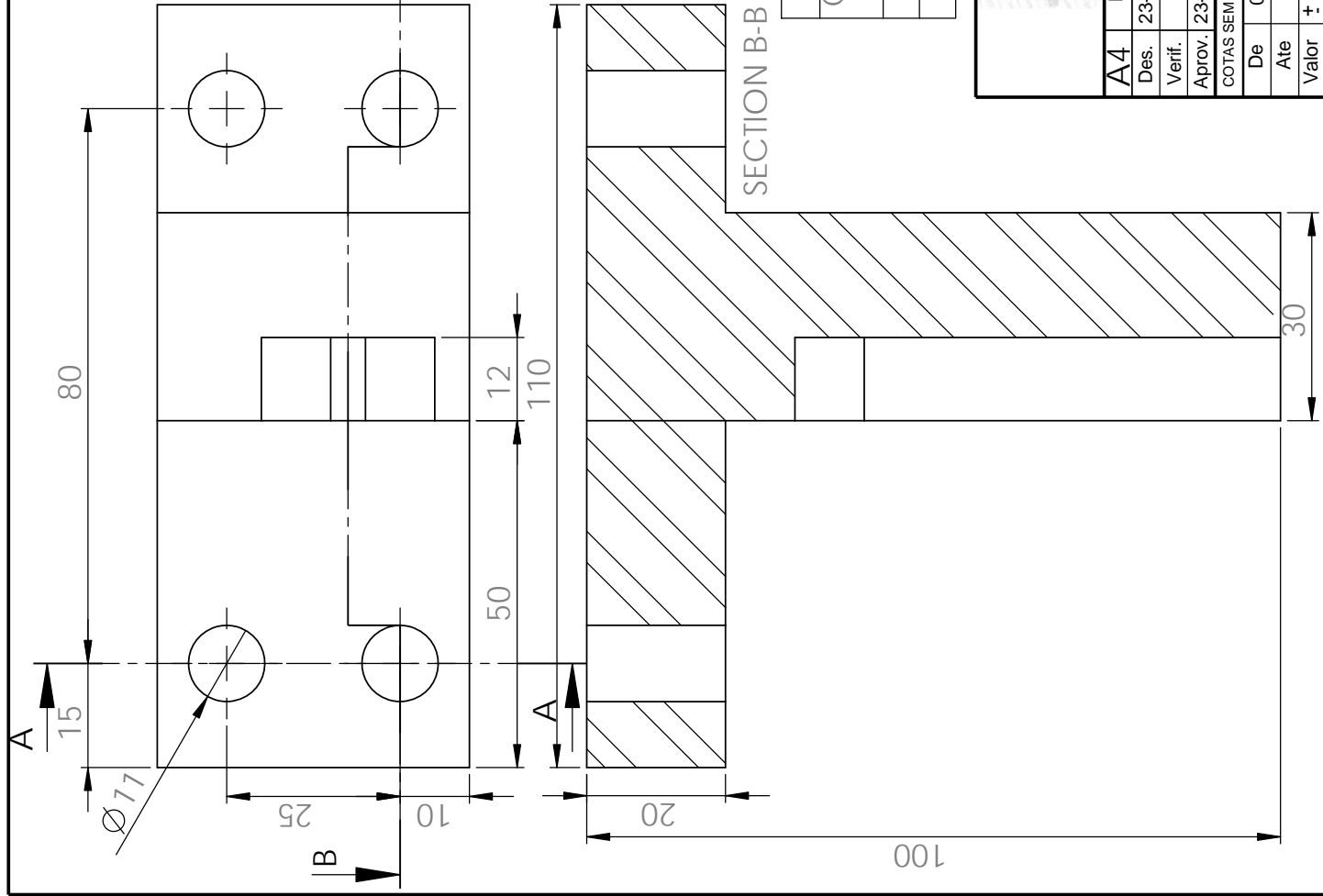
1

Escala

1:1





NP 327 - ISO 128

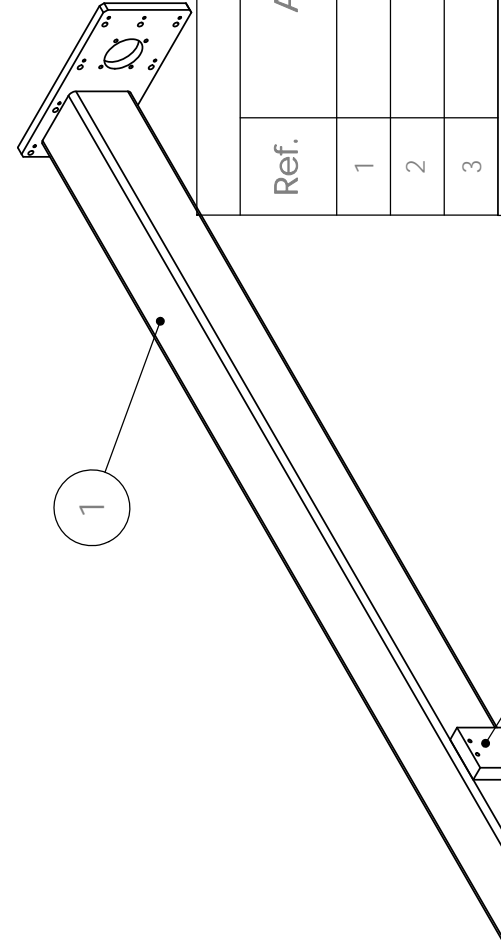
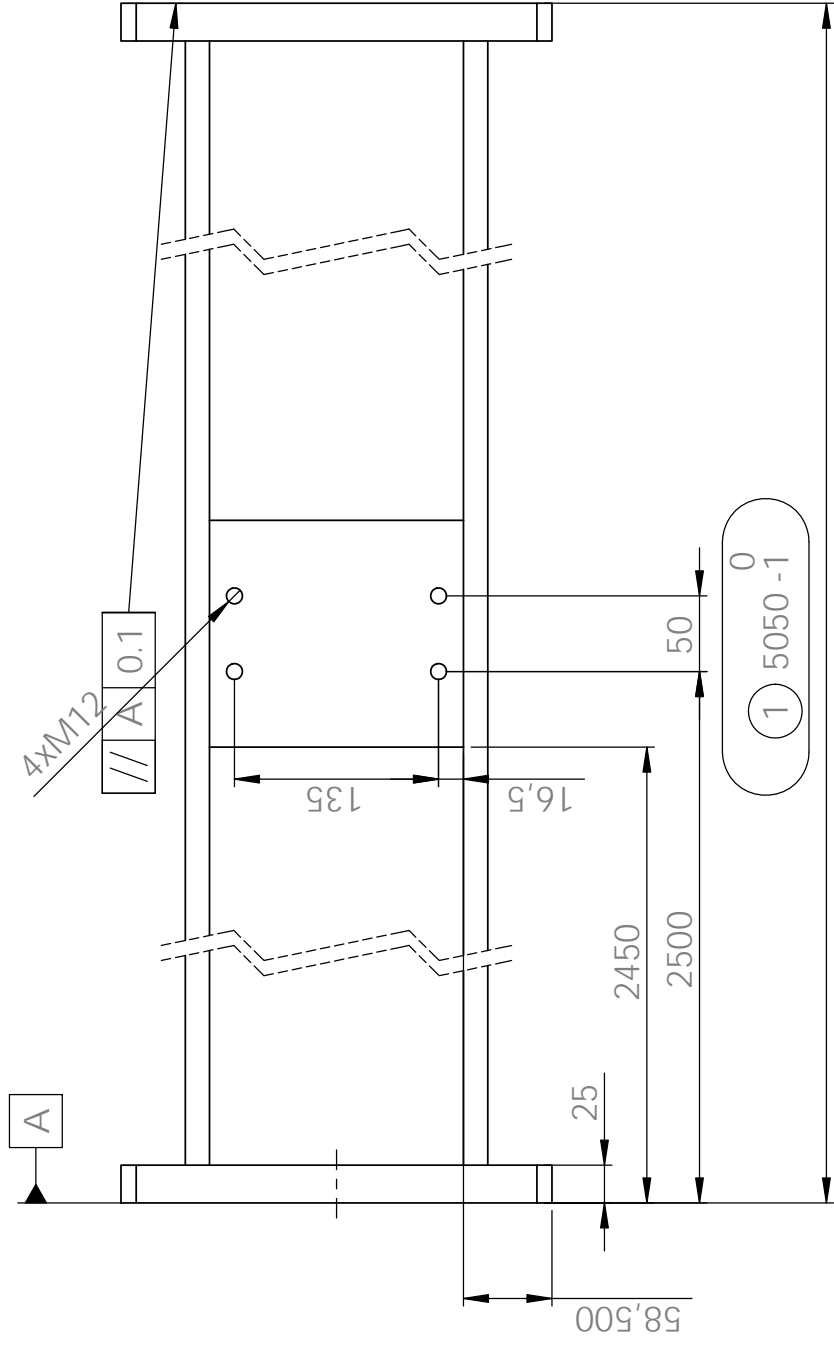
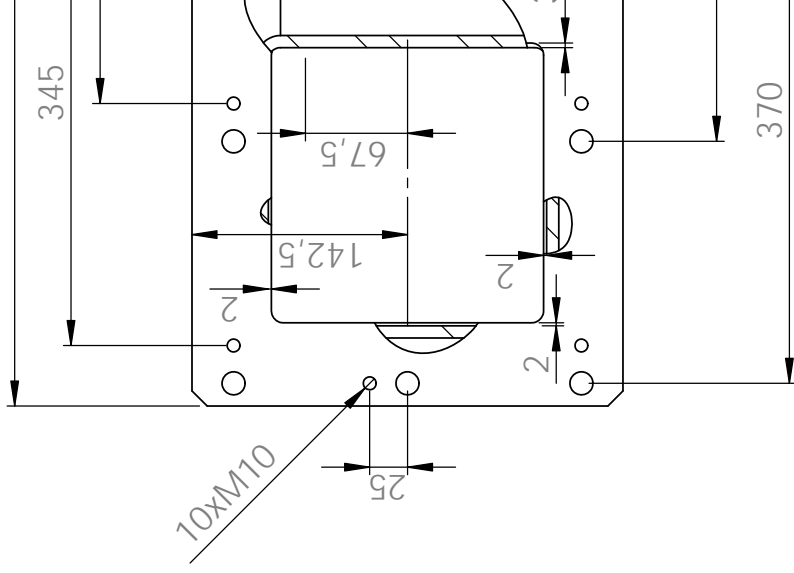


SECTION A-A

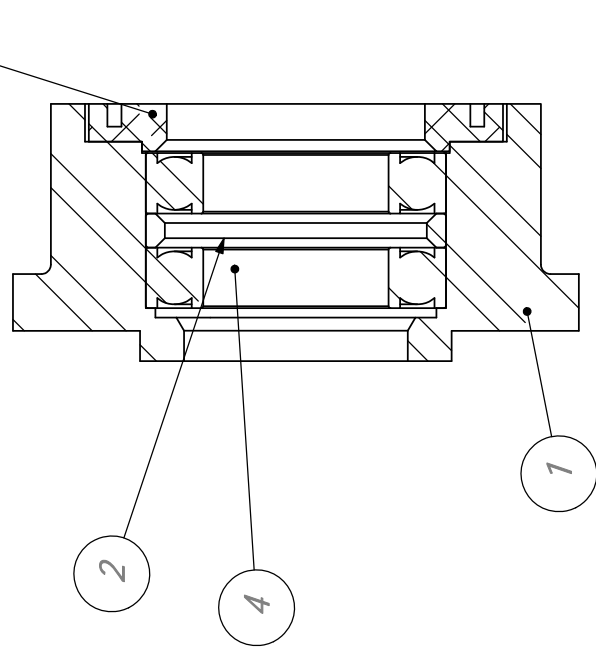
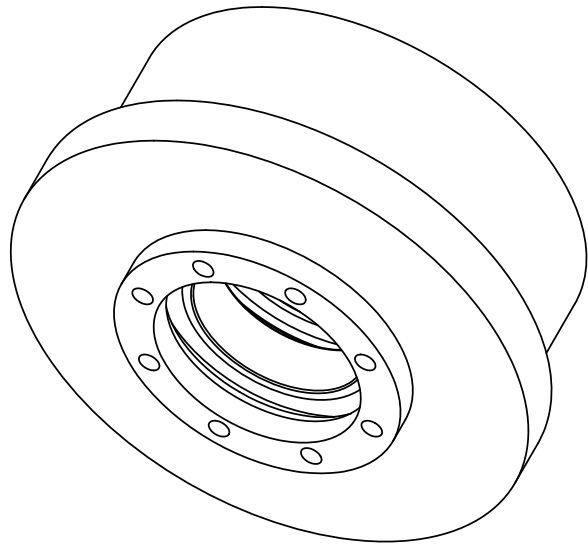
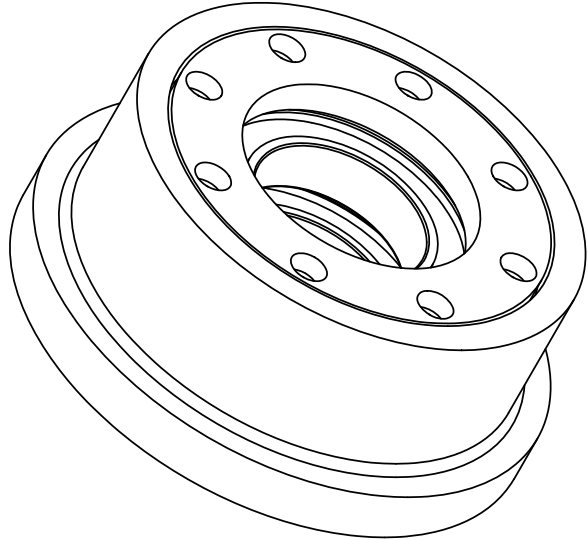
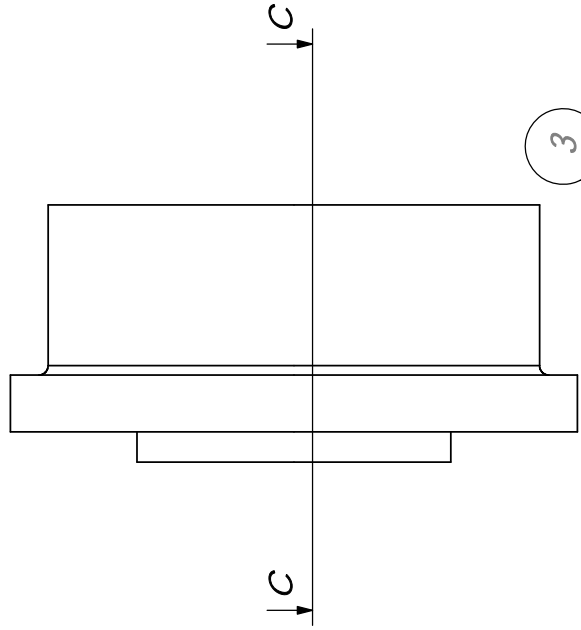
SECTION B-B

Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			

<div></div>					Material : Aço S 235				Peso : 1360.23 Kg		Folha 1 / 1						
					Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial		Escala 1:1						
					Designação : Esquadro Fixacao Corrente				Tipo								
									Área								
Des.				23-02-2013					h.moreira		N/D		N/D				
Verif.								N/D		N/D							
Aprov.				23-02-2013		R.Campilho		Notas:									
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D							
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
N/D																	
<div></div> <div>NP 327 - ISO 121</div>																	




Lista de		
Ref.	Artigo	TbQ
1	N/D	
2	N/D	
3	N/D	



SECTION C-C

Lista de Componentes				
Ref.	Artigo	Descrição		Qtd.
1	N/D	Roda traccao carro		1
2	N/D	Anel Øext=80mm Øint=70mm Esp=9mm		1
3	N/D	Fixacao Pinhao roda traccao		1
4	N/D	Rolm_roda_traccao_carro		2



A4	Data	Nome
Des.	06-03-2013	N/D
Verif.		
Aprov.	06-03-2013	R. Campilho

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO

De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2

Material : "SW" SW@h-m-eng.com Mont_roda_traccao_Pesaro_ZorraV@h-m-eng.com Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	N/D
Área	N/D
	N/D
	N/D
Notas:	

Designação :
Est Composta Aco Roda
Tracao Carro

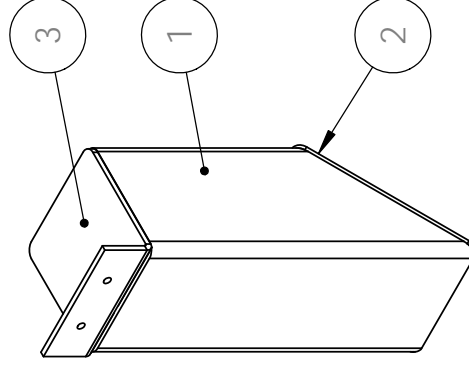
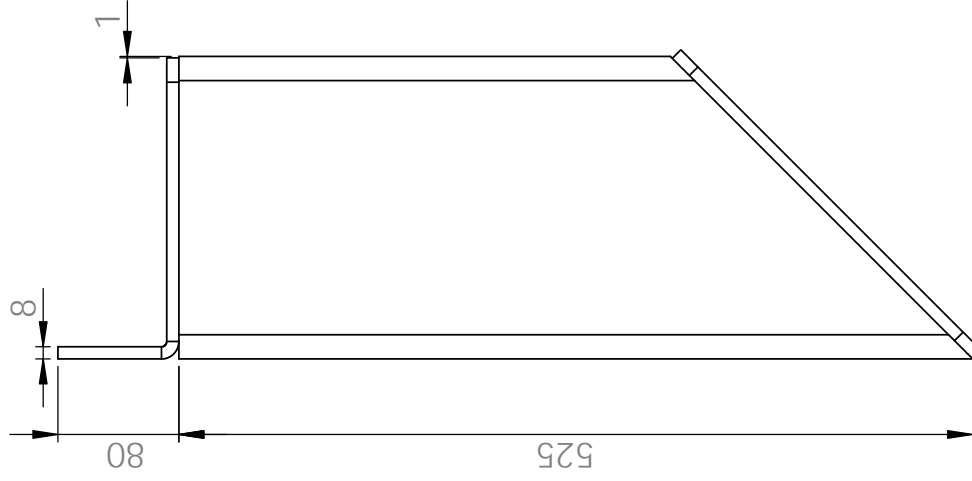
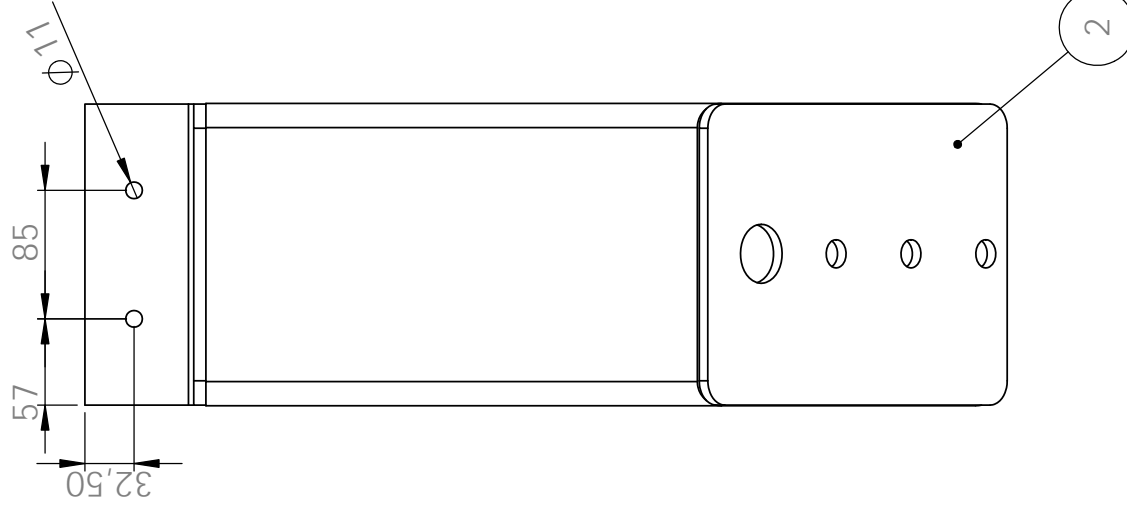
Artigo / Desenho: N/D

N/D



Folha 1 / 1

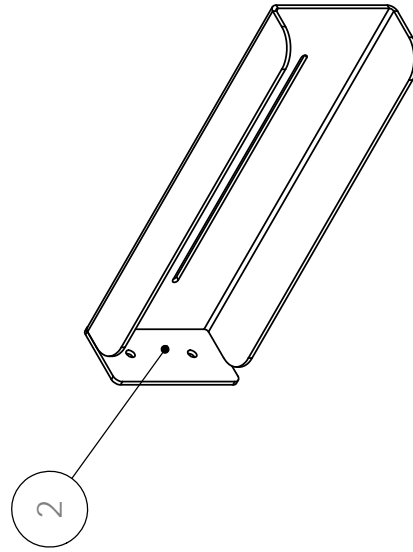
Escala 1:2



NP 327 - ISO 128

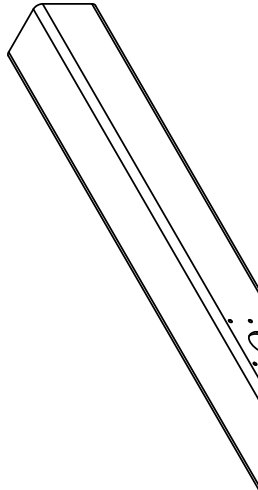


Lista de Corte			
Ref.	Artigo	Descrição	Dimensão Qtd.
1	200x8 L=525mm	200x8 L=525mm	525 mm 1
	N/D	Tubo □ 200x8 AÃço S235 Lam. Frio	"D1@@Def ault<As Machined >@Structur al Member1 @D1@@De fault<As Machined >@Sketch1 @
2	280x199x8mm	280x199x8mm	199 mm 1
		Sheet	-
3	268x199x8mm	268x199x8mm	199 mm 1
		Sheet	-

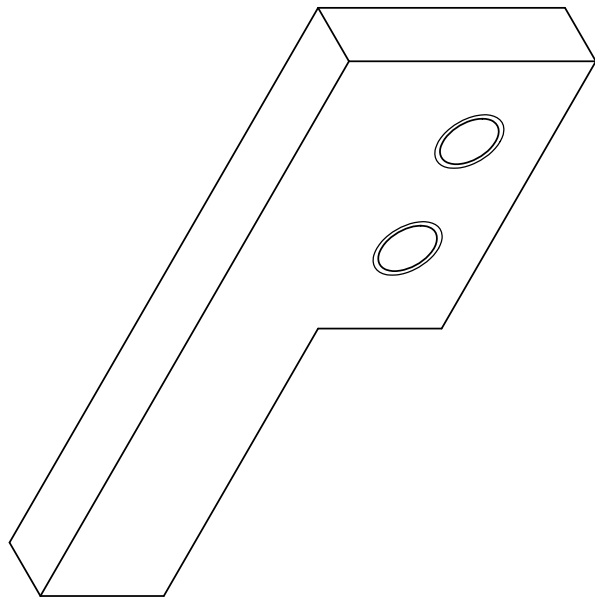
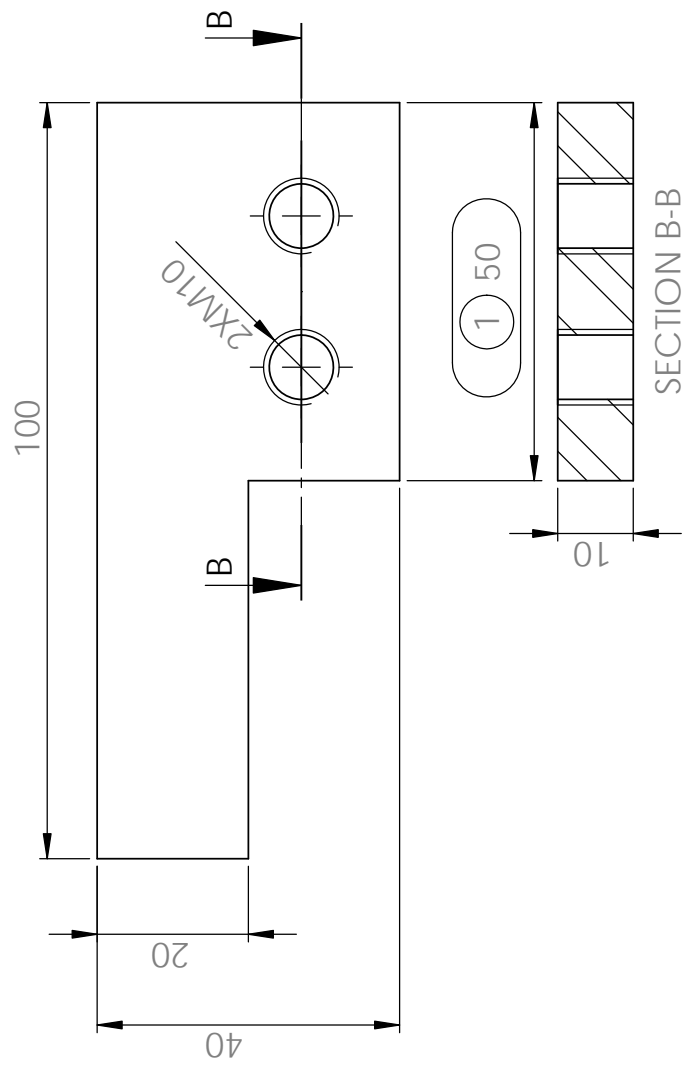
					Material : <i>Material <not specified></i>					Peso : 26465.46 Kg		Folha 1 / 1							
					Designação : Est Composta Aco Suporte Bomba Vacuo					Tratamento Superficial									
										Tipo		N/D			Área		N/D		
												N/D					N/D		
A4										Escala 1:5									
Des. 25-02-2013 <i>h.moreira</i>																			
Verif.																			
Aprov. 25-02-2013 <i>R.Campilho</i>																			
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO															Artigo / Desenho: N/D				
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000			
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000			
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2			
															N/D				
																			
															NP 327 - ISO 128				



<div></div>				Material : <i>Material <not specified></i>				Peso : 1382.64 Kg		Folha <div>1 / 1</div>									
				Designação : Est Composta Inox Espelho				Tratamento Superficial											
								Área											
								Tipo											
								Des.			25-02-2013		h.moreira		Escala 1:5				
Verif.																			
Aprov.		25-02-2013		R.Campilho															
(COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO)																			
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000			
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000			
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2			
Artigo / Desenho: <i>N/D</i>										<i>*N/D*</i>									
																			
										NP 327 - ISO 128									



Lista de	
Ref.	Artigo
1	N/D
2	N/D
TbOd	
Relatório de	
Cota	Nome/Número Equipamento



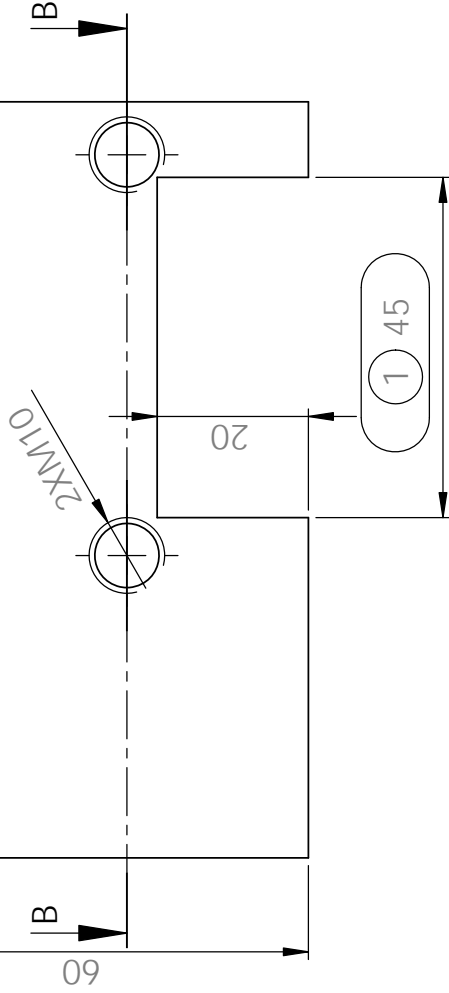
Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			

				Material: <i>Aco S 235</i>				Material: <i>225.15 Kg</i>				Folha <i>1 / 1</i>							
Designação: Esticador								Instituto Superior de Engenharia do Porto IPP								Tratamento Superficial			
																Tipos		Área	
																<i>N/D</i>		<i>N/D</i>	
																<i>N/D</i>		<i>N/D</i>	
								<i>N/D</i>		<i>N/D</i>									
								<i>N/D</i>		<i>N/D</i>									
								<i>N/D</i>		<i>N/D</i>									
Notas:																			
Artigo / Desenho: <i>N/D</i>								*N/D*											

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000			
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2			

100



Relatório de ensaio dimensional

Cot	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
a			
1			
2			



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	± 2

Material : Aço S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Esticador 2

Artigo / Desenho: N/D

N/D

Folha

1 / 1

Peso : 388,95 Kg

Tratamento Superficial

Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

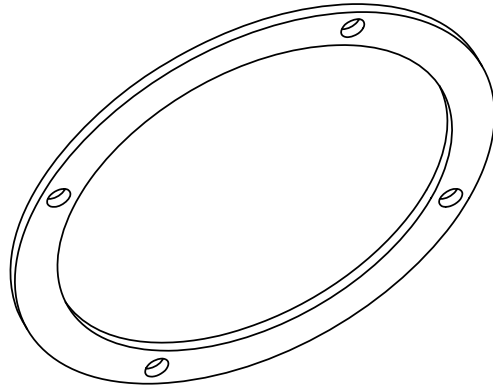
Notas:


Escala

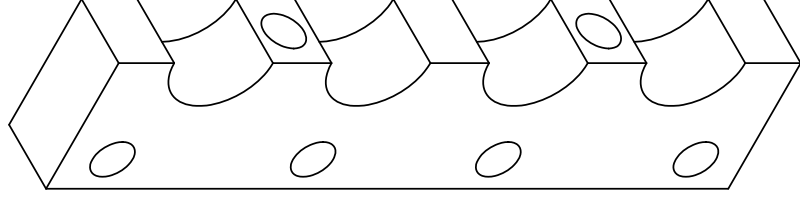
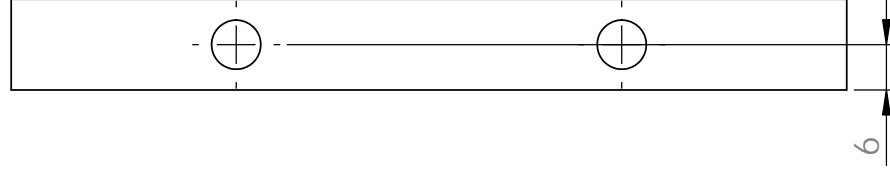
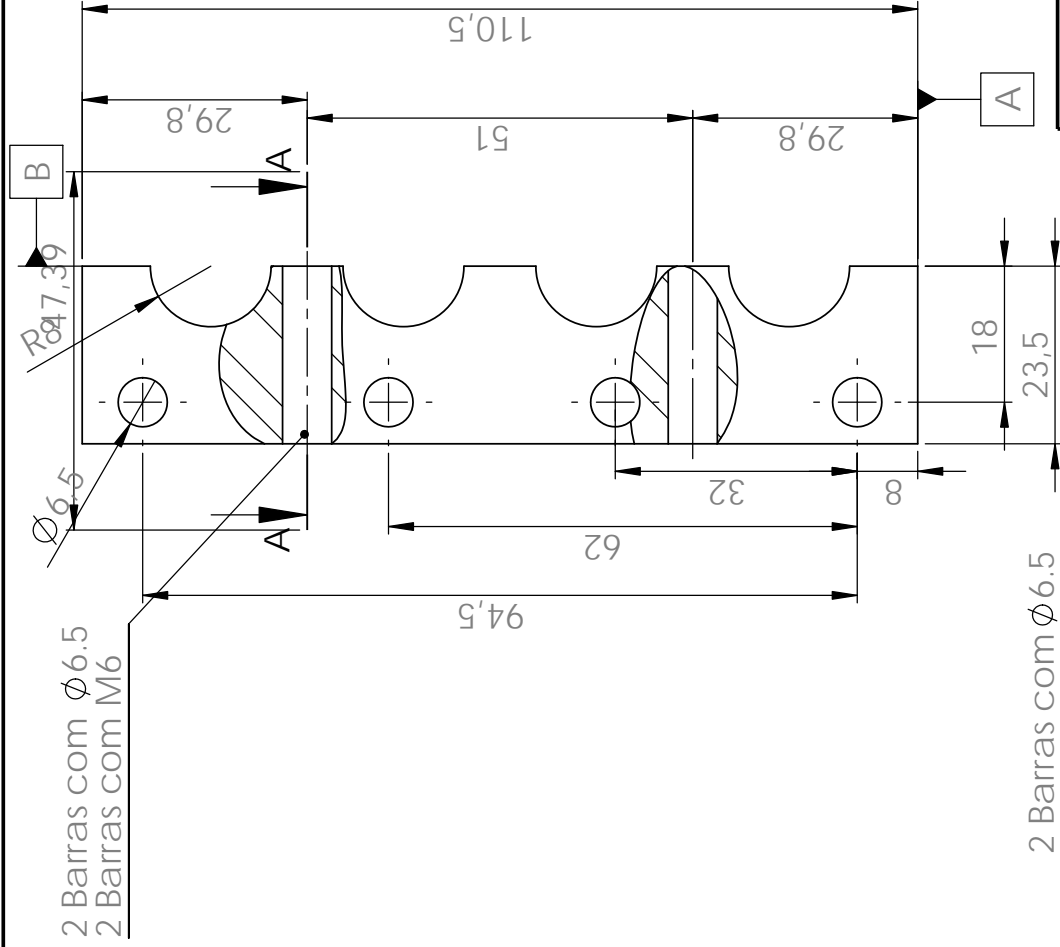
1:1



NP 327 - ISO 128



Material : Aco DCO3					Peso : 0.11 Kg		Folha <div>1 / 1</div>
IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto					Tratamento Superficial		
Designação : Fix Protec Encoder Rot					Tipo		
					Área		
					N/D		
					N/D		
					N/D		
					N/D		
					Notas:		
Artigo / Desenho: N/D							Escala 1:2
INFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO							
N/D							
0	120	400	1000	2000			NP 327 - ISO 128
0	400	1000	2000	4000			
30	±0.50	±0.80	±1.2	± 2			



2 Barras com Ø6.5
2 Barras com M6



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

SECTION A-A

Material : Aço S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Fixacao Esticador Corrente

Peso : 180.83 Kg

Tratamento Superficial

Tipo

Área

N/D

N/D

N/D

Notas:

Folha

1 / 1

Escala

1:1



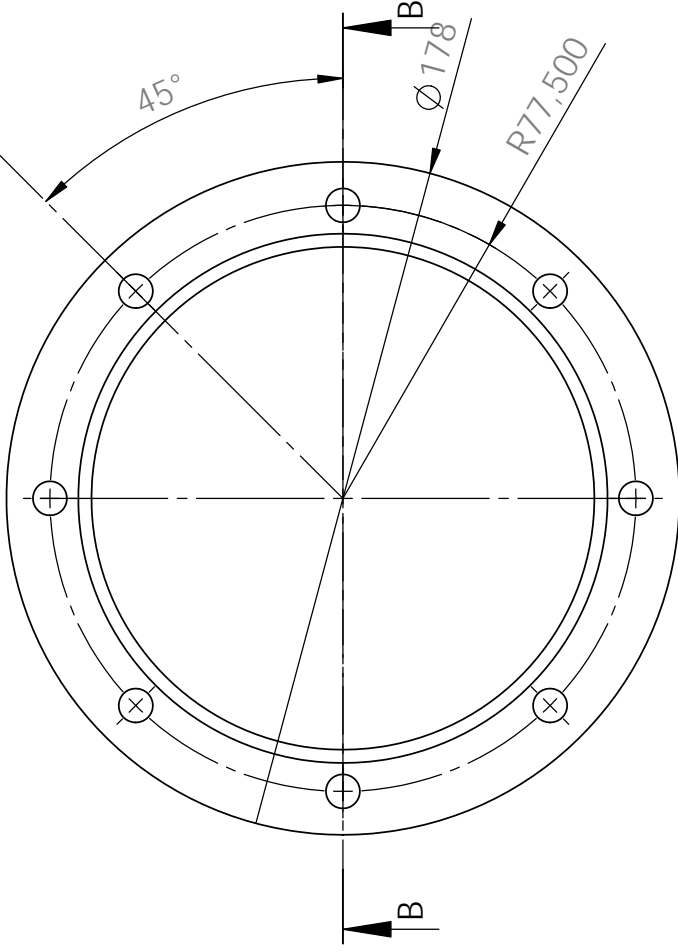
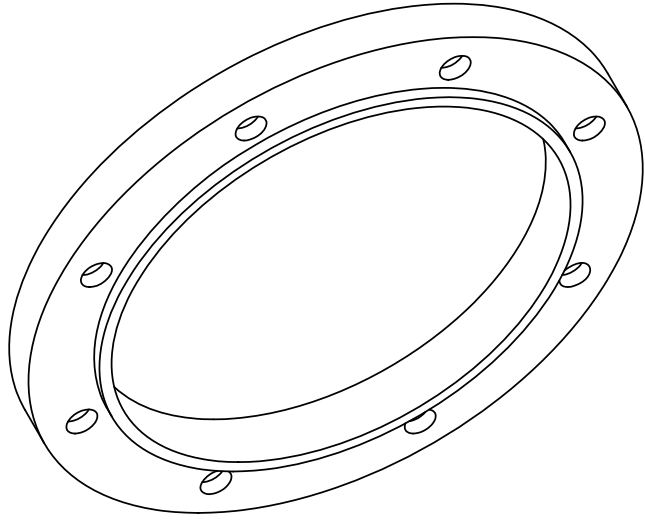
NP 327 - ISO 128

Artigo / Desenho: N/D

N/D

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO

De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2



1 Ø 140 -0,040⁰



Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		
De	0.50	3 6 30
Ate	3 6 30	120 400 1000 2000 4000
Valor	± 0.10	± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2

Material : AL 6082

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Fixacao Rolamento Apoio

Artigo / Desenho: N/D

N/D

Peso : 354.23 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D
Notas:	

Folha

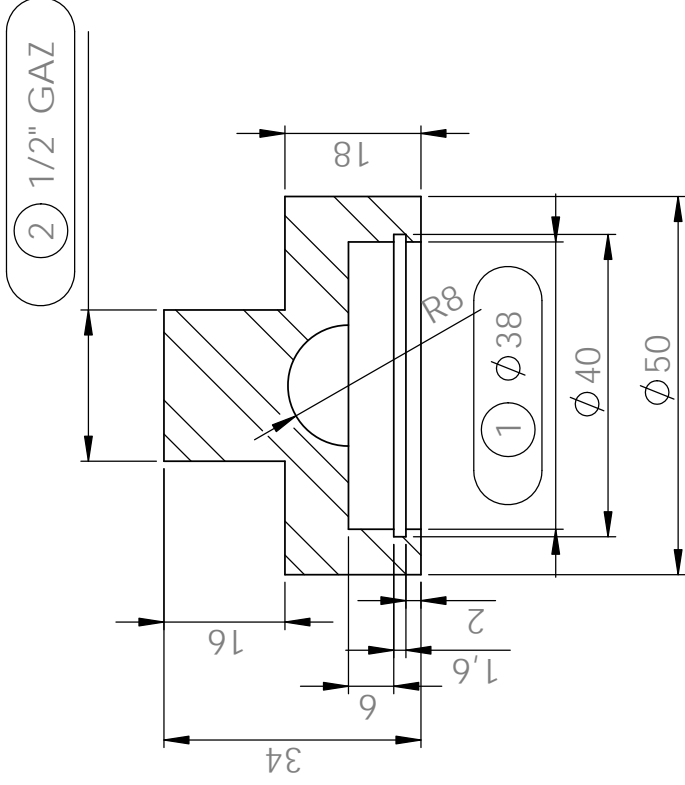
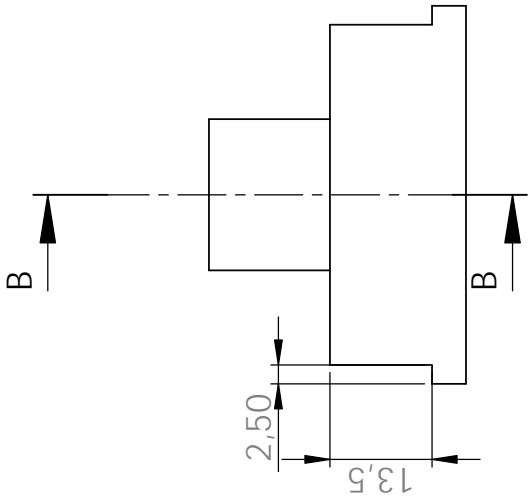
1 / 1

Escala

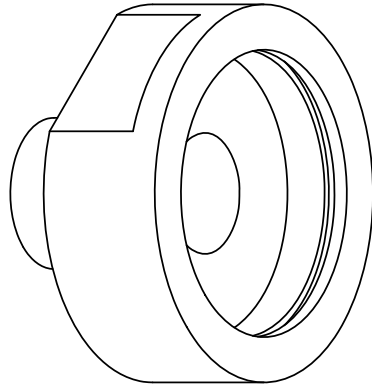
1:2




NP 327 - ISO 128

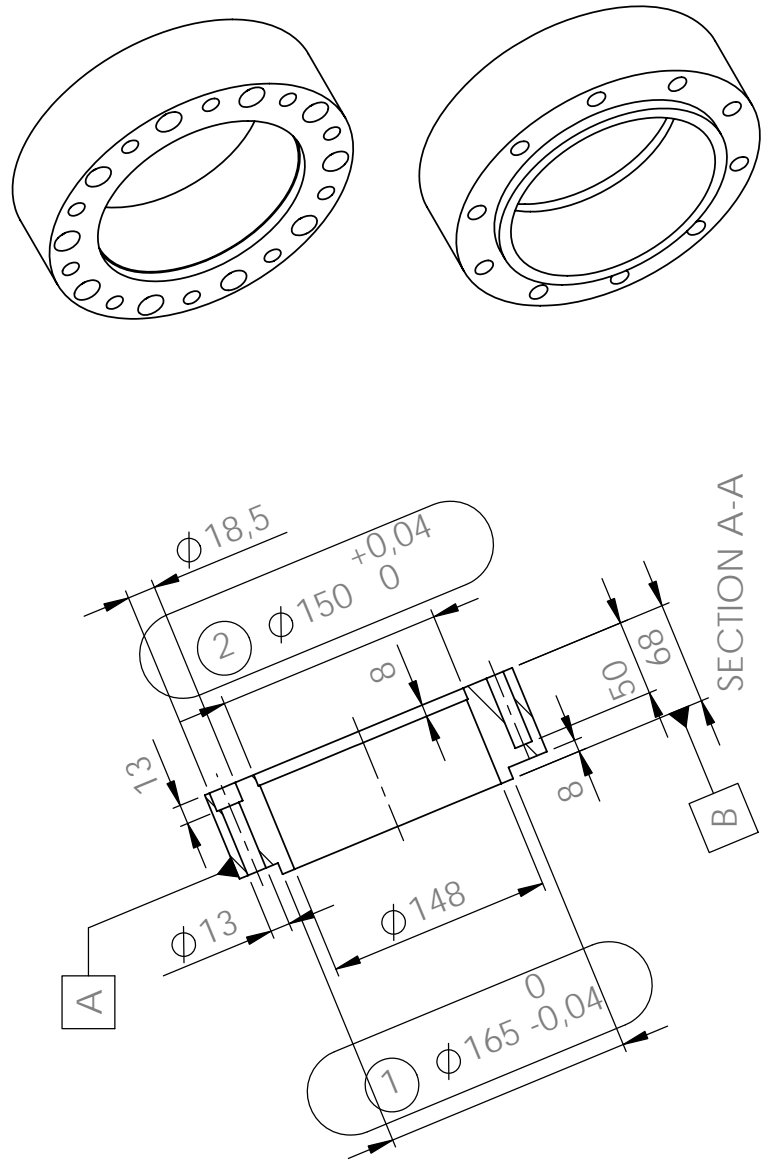


SECTION B-B



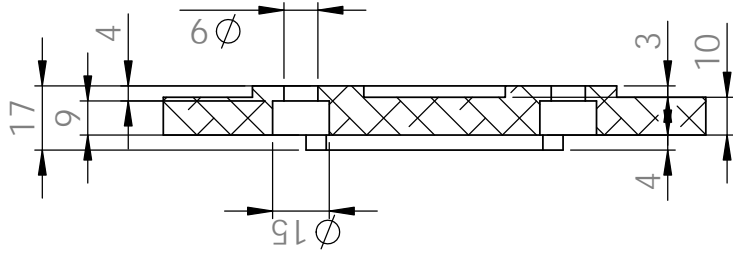
Relatório de ensaio dimensional		
Cot	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		

				Material : AISI 304				Peso : 217.8 Kg				Folha 1 / 1	
				Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial					
				Designação : fixacao_rotula				Tipo				Área	
								N/D				N/D	
								N/D				N/D	
								N/D				N/D	
								Notas:					
												Escala 1:1	

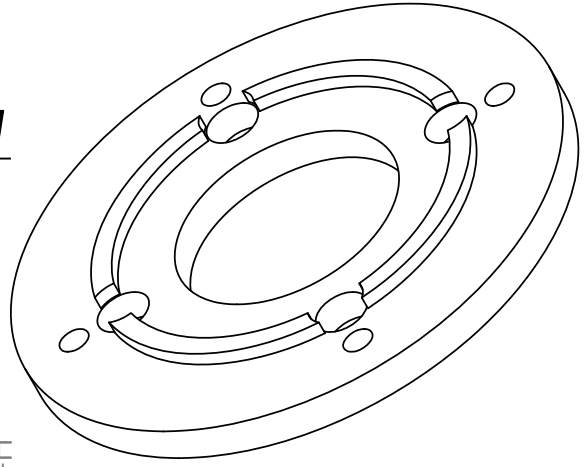
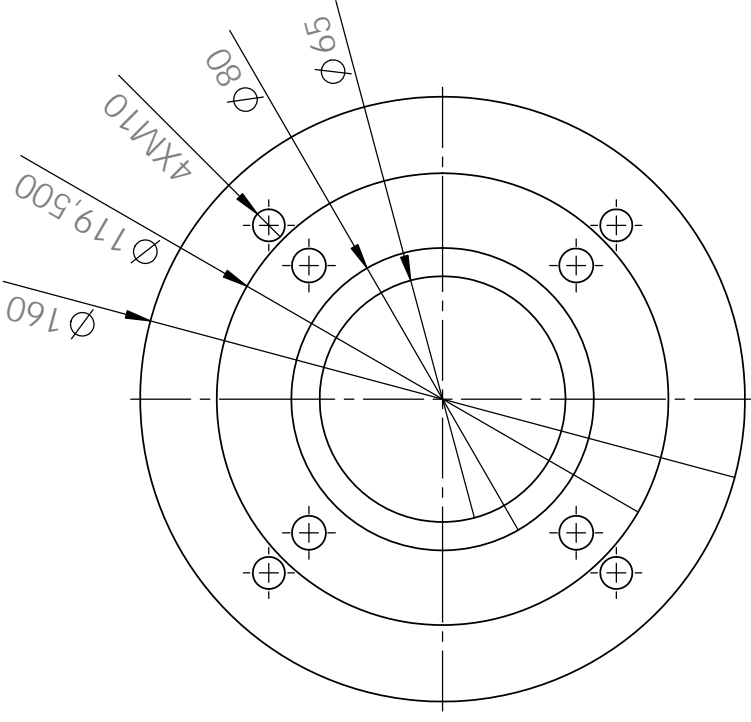
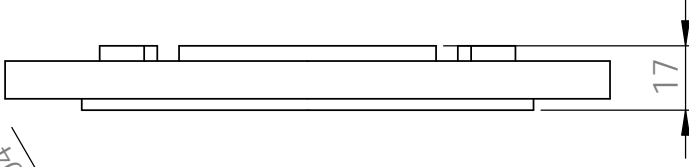
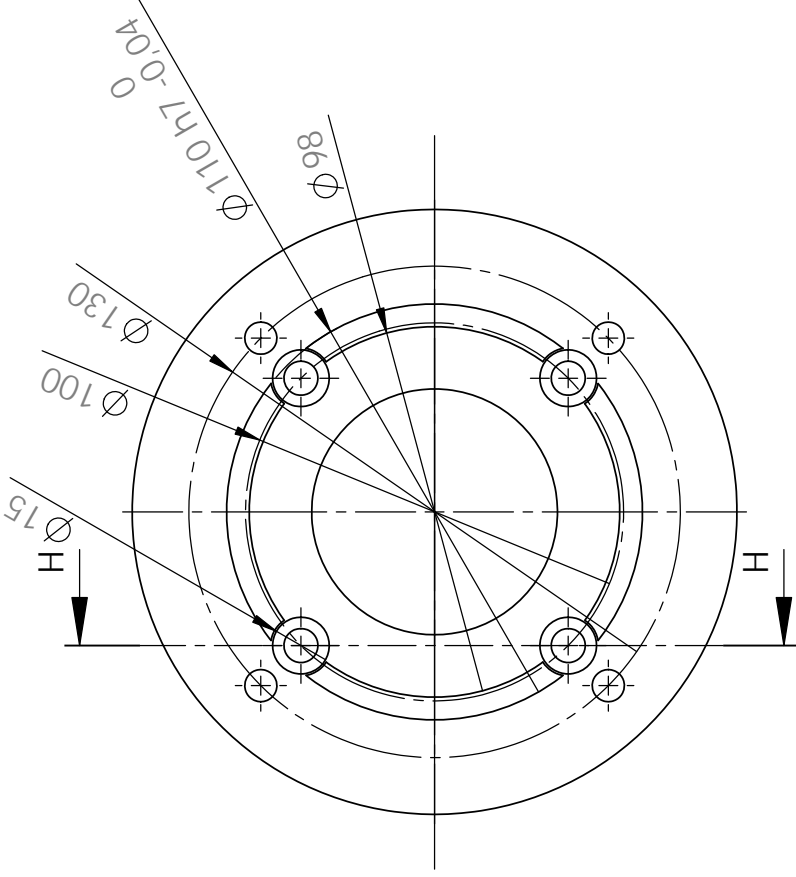


Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		
3		

		Material : Aço S275		Peso : 8.77 Kg		Folha 1 / 1		
		IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial				
Designação : Flange Aço Caixa de Elevacao				Tipo N/D Área N/D N/D N/D N/D Notas:		Escala 1:5		
Aprov. 25-02-2013 R. Campilho COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		Artigo / Desenho: N/D		*N/D*		NP 327 - ISO 128		
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2



SECTION H-H



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		
De	0.50	3 6 30 120 400 1000 2000
Ate	3 6 30 120 400 1000 2000	4000
Valor	± 0.10 ± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2	

Material : AL 2070

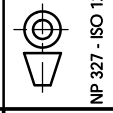
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Flange Acrescento

Peso : 490.88 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D
Notas:	

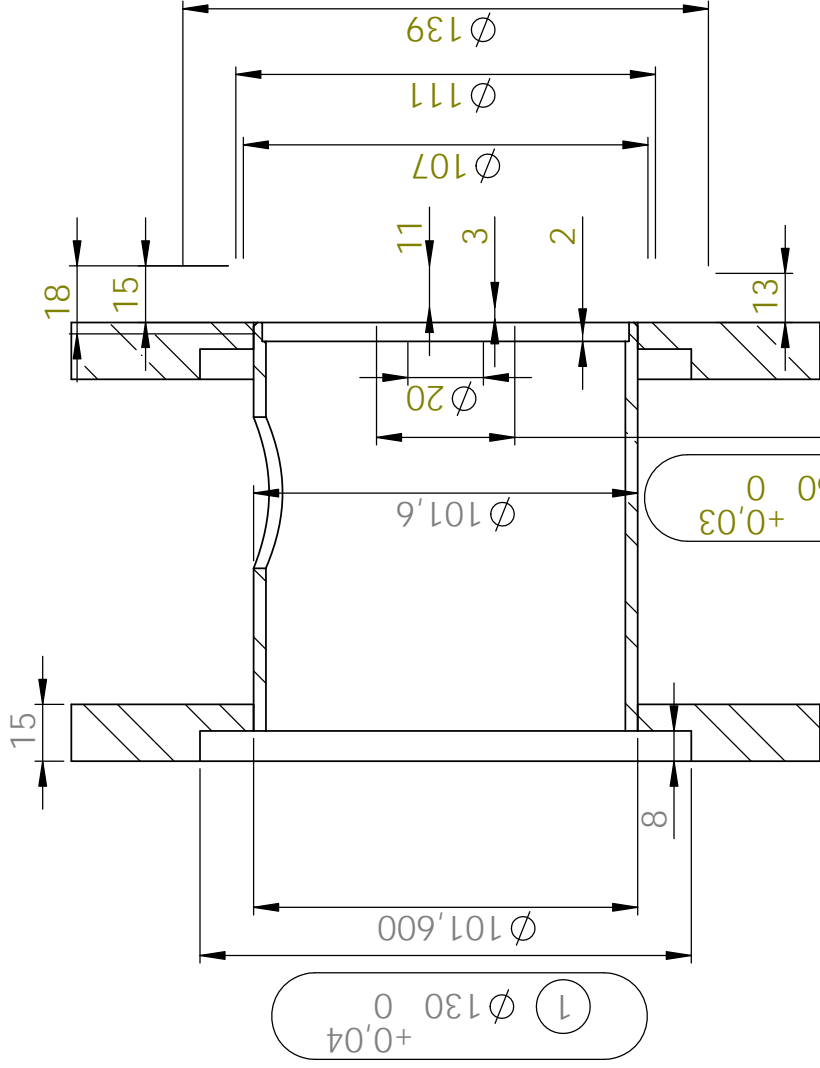
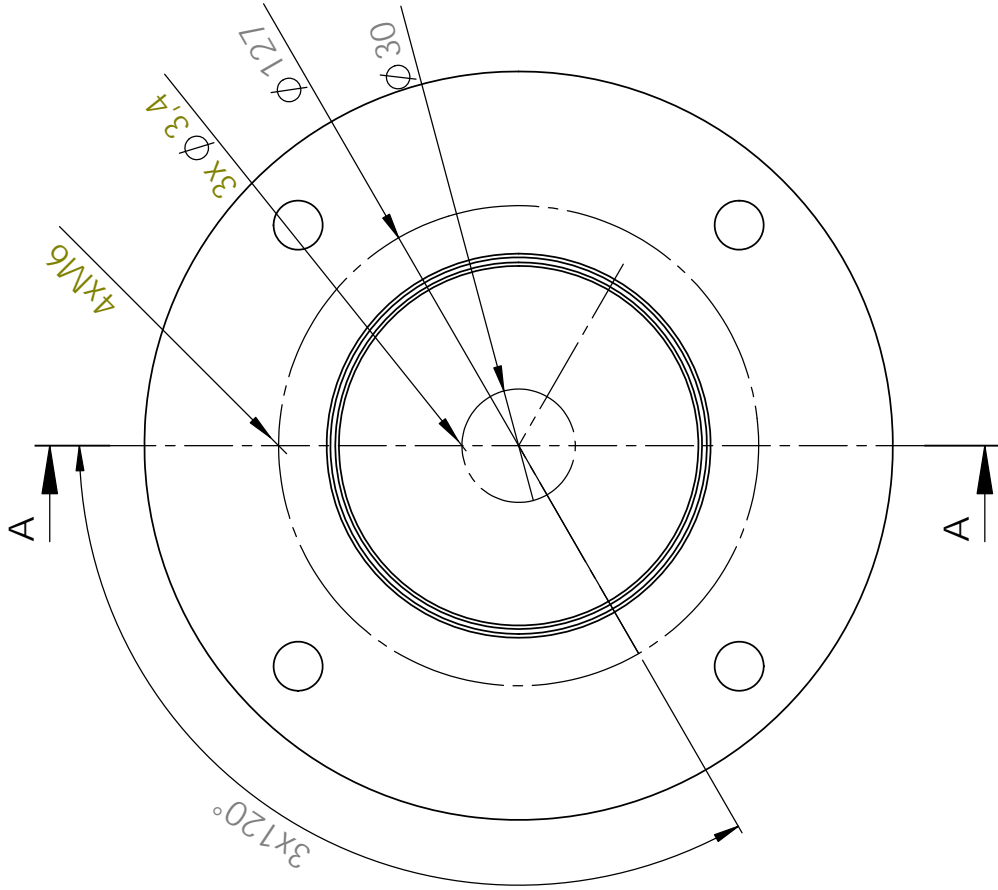
Escala
1:2



NP 327 - ISO 128

Artigo / Desenho: N/D
N/D

Folha
1 / 1

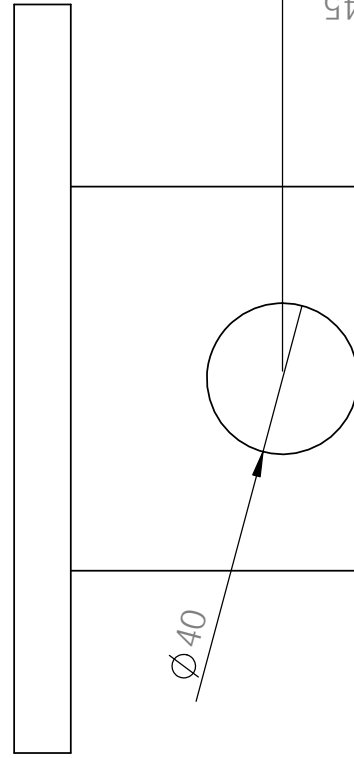


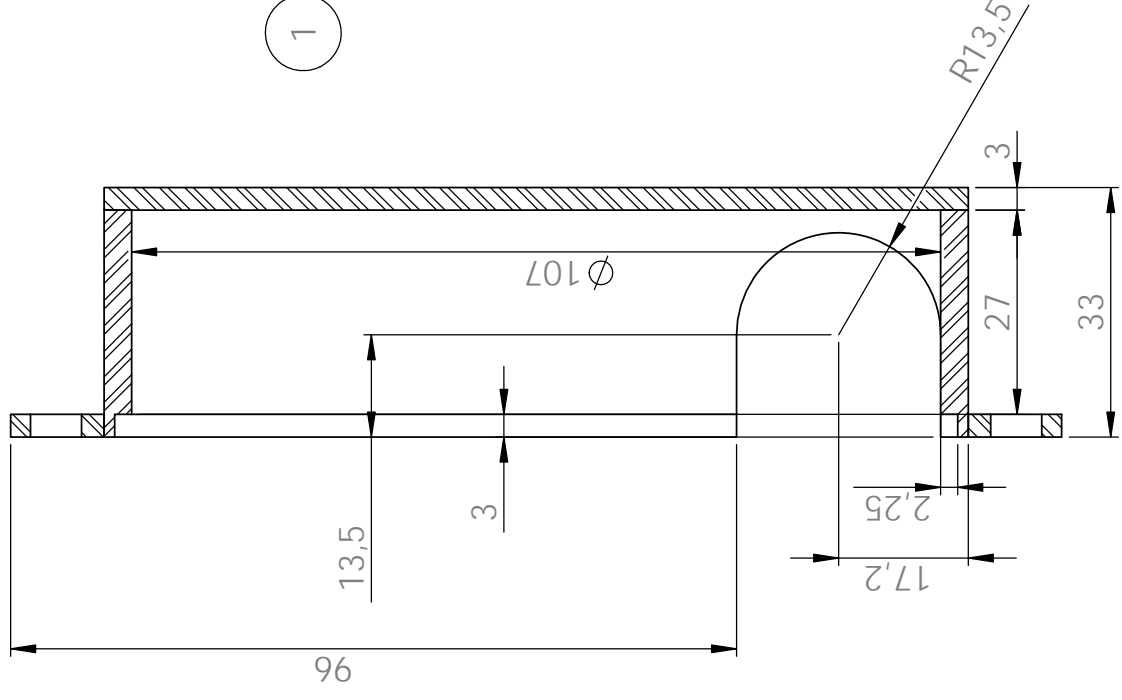
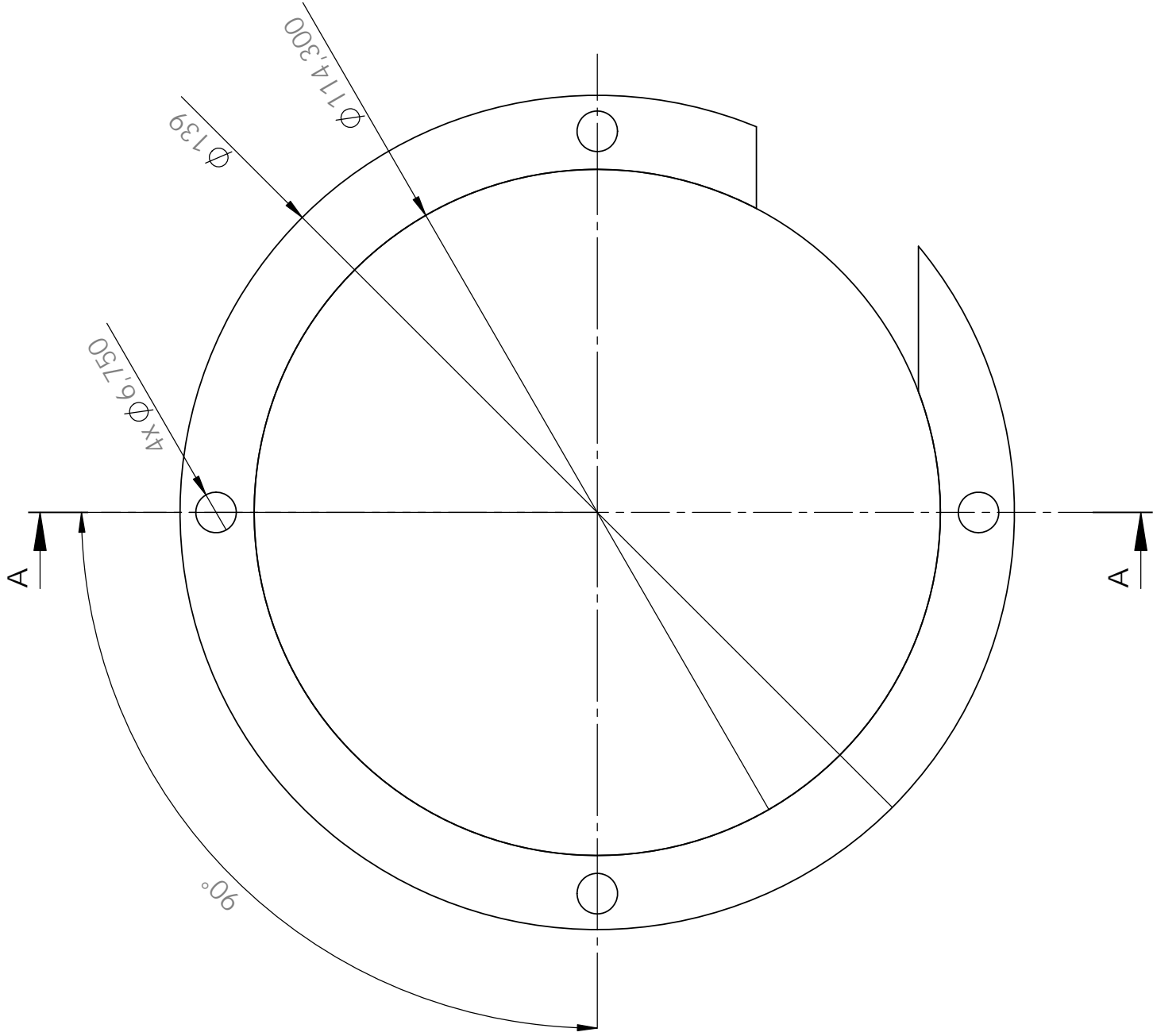
SECTION A-A

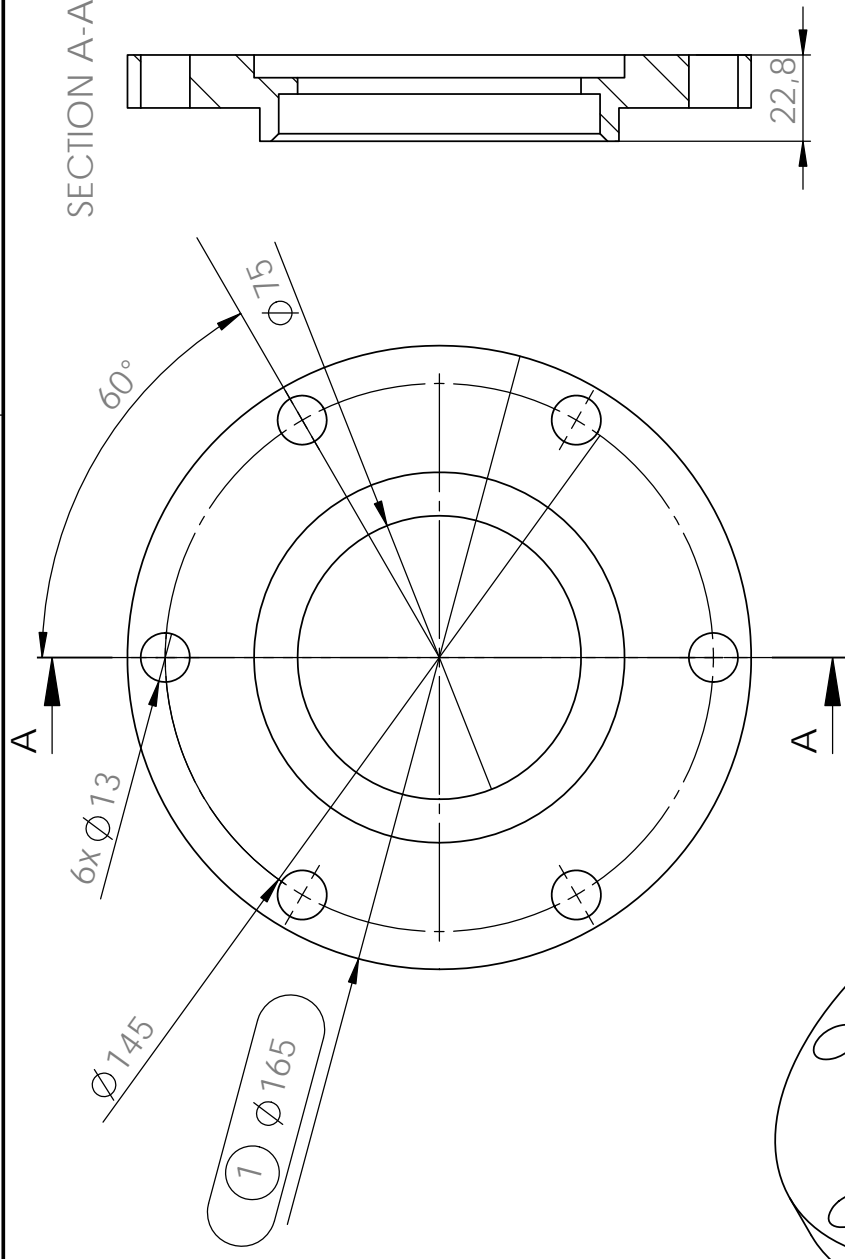
L	
Ref.	Artigo
1	Barra Flange Encoder Mov
2	$\varnothing 101,6$ esp=3,25mm L=75mm

1



2

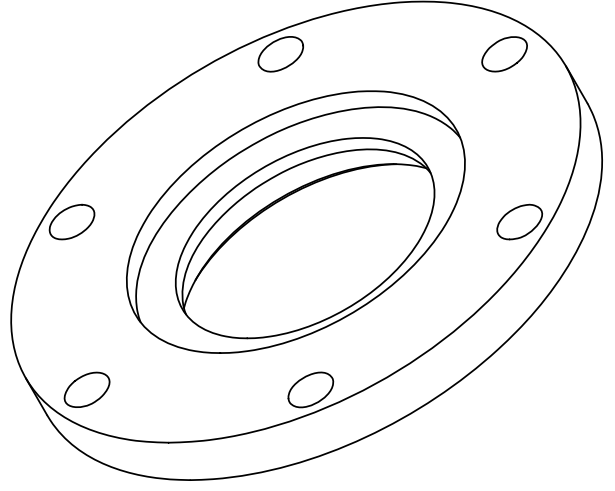


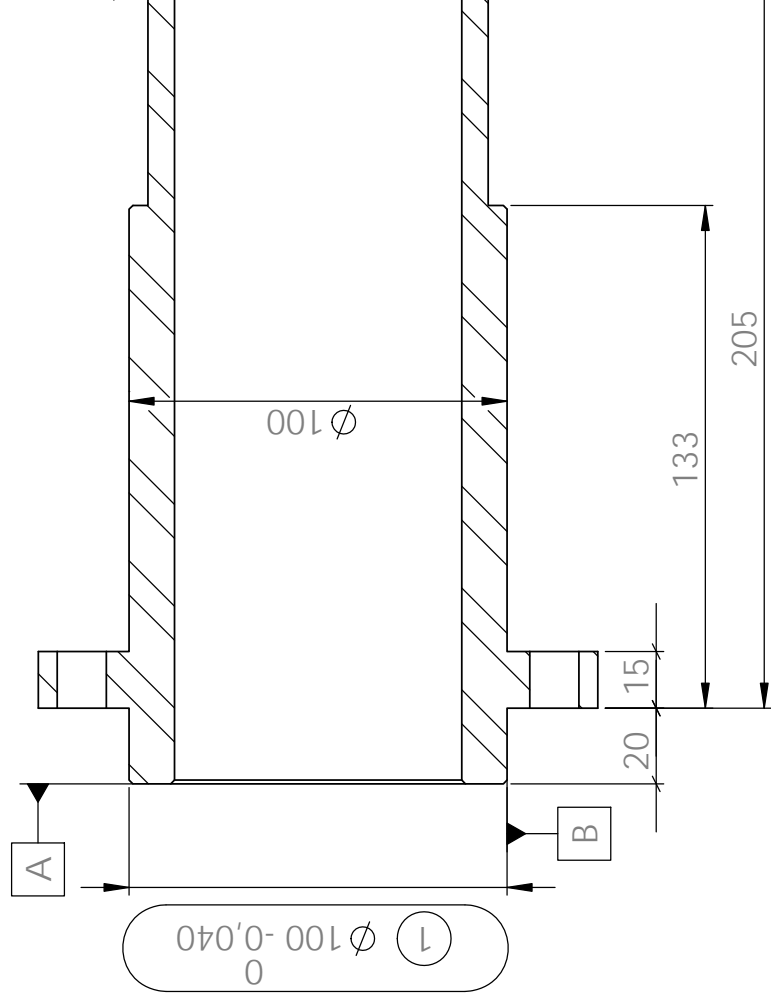
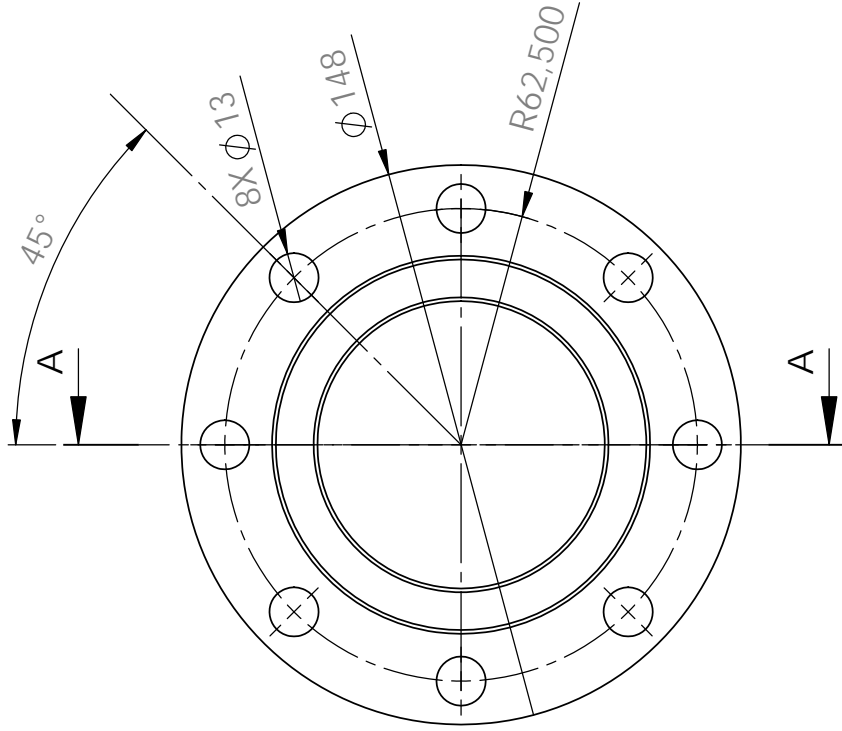




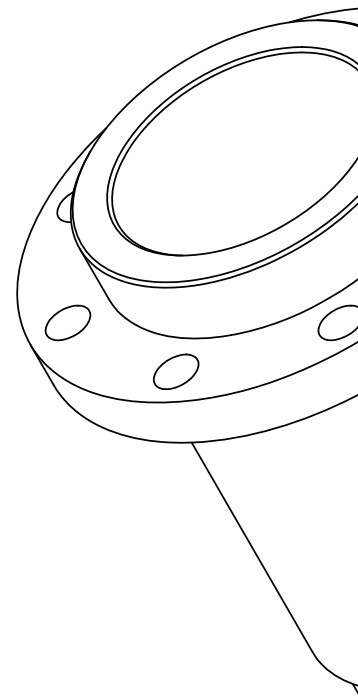
Relatório de ensaio dimensional		
Cot	Nome/Número Equipamento	Valor medido
a		
1		
2		

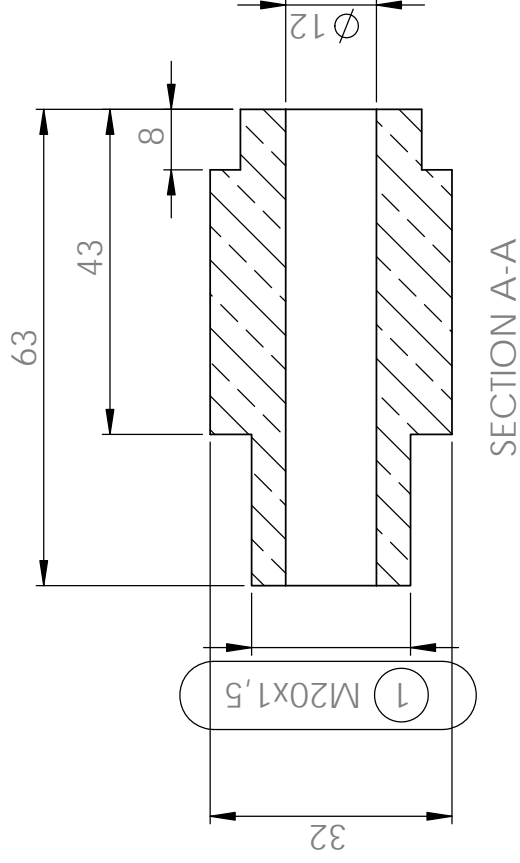
			Material : <i>Aço S 235</i>						Peso : <i>1.68 Kg</i>		Folha <i>1</i> / <i>1</i>								
			Designação : Flange Redutores Caixa						Tratamento Superficial										
									Tipo				Área						
									N/D				N/D						
Des.			23-02-2013			<i>h.moreira</i>			N/D		Escala 1:2								
Verif.									N/D										
Aprov.			23-02-2013			<i>R.Campilho</i>			N/D										
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											Artigo / Desenho: <i>N/D</i>		 NP 327 - ISO 129-1						
De		0.50		3		6		30		120		400			1000		2000		
Ate		3		6		30		120		400		1000			2000		4000		
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80			± 1.2		± 2		
											N/D								





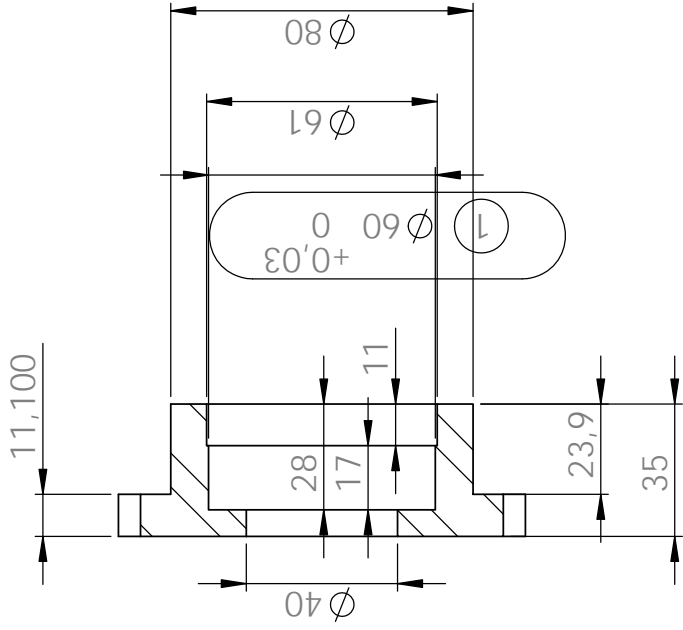
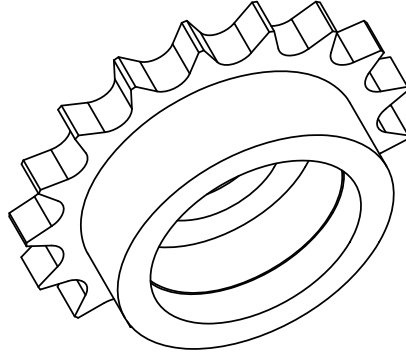
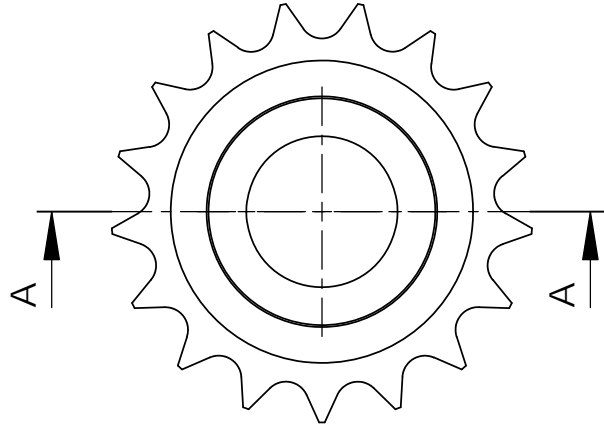


SECTION A-A







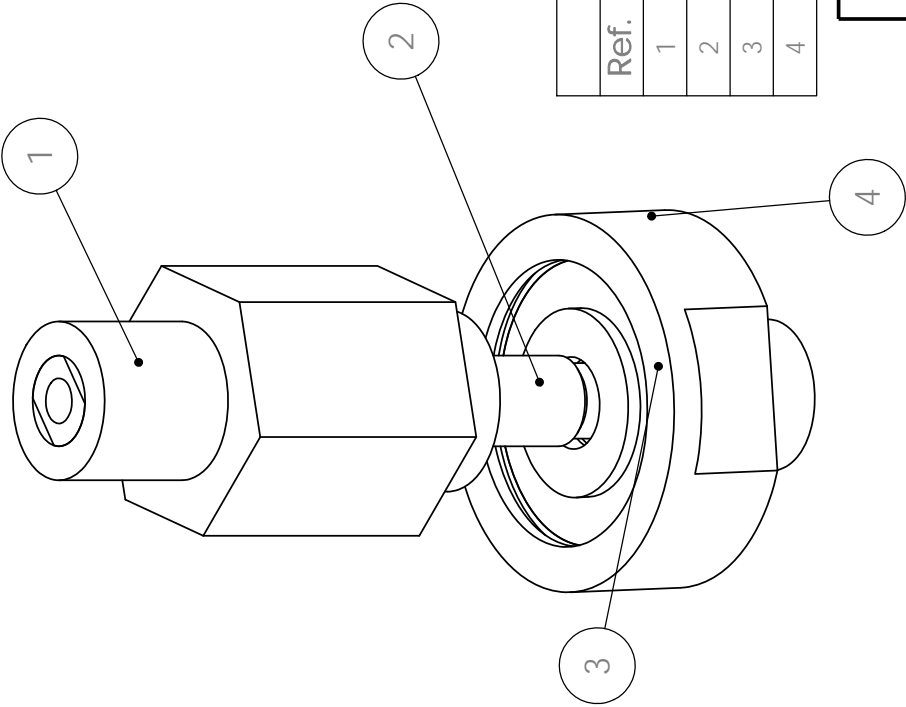
<div></div>					Material : <i>Latao</i>					Peso : <i>292.9 Kg</i>		Folha <i>1</i> / <i>1</i>								
					Designação : Guiamento Rotula Ventosa					IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto					Tratamento Superficial					
															Tipo		Área			
															N/D		N/D			
															N/D		N/D			
N/D		N/D		Notas:				Escala 1:1												
A4					Data		Nome													
Des.					06-03-2013		<i>h.moreira</i>													
Verif.																				
Aprov.					06-03-2013		<i>R.Campilho</i>													
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: <i>N/D</i>										
De					0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate					3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor					± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
										N/D										
																				
										NP 327 - ISO 128										





SECTION A-A

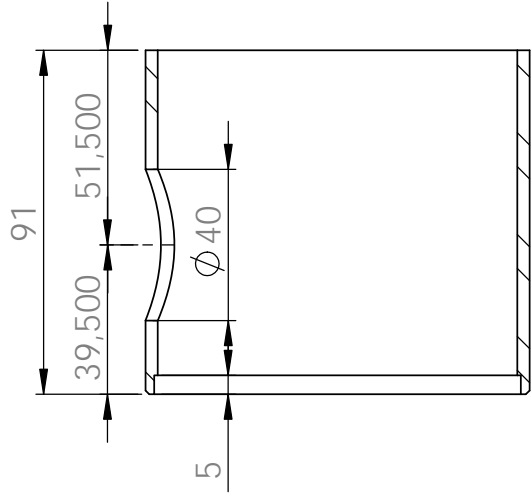
Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		

		Material : Aço S 235 <small>IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto</small>		Peso : 0,91 Kg		Folha 1 / 1																									
		Designação : Modulo Rolos/Rodas Carreto Corrente Simples 3/4x7/16 Z17		Tratamento Superficial <table border="1"> <tr> <th>Tipo</th> <th>Área</th> </tr> <tr> <td>N/D</td> <td>N/D</td> </tr> <tr> <td>N/D</td> <td>N/D</td> </tr> <tr> <td>N/D</td> <td>N/D</td> </tr> </table>		Tipo	Área	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	Escala 1:2																	
Tipo	Área																														
N/D	N/D																														
N/D	N/D																														
N/D	N/D																														
Aprov. 25-02-2013 R. Campilho		Artigo / Desenho: N/D		Notas:																											
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		<table border="1"> <tr> <th>De</th> <th>3</th> <th>6</th> <th>30</th> <th>120</th> <th>400</th> <th>1000</th> <th>2000</th> </tr> <tr> <th>Ate</th> <th>3</th> <th>6</th> <th>30</th> <th>120</th> <th>400</th> <th>1000</th> <th>2000</th> </tr> <tr> <th>Valor</th> <td>± 0.10</td> <td>± 0.10</td> <td>± 0.20</td> <td>± 0.30</td> <td>± 0.50</td> <td>± 0.80</td> <td>± 1.2</td> </tr> </table>		De	3	6	30	120	400	1000	2000	Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	*N/D*		NP 327 - ISO 128	
De	3	6	30	120	400	1000	2000																								
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000																								
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2																								

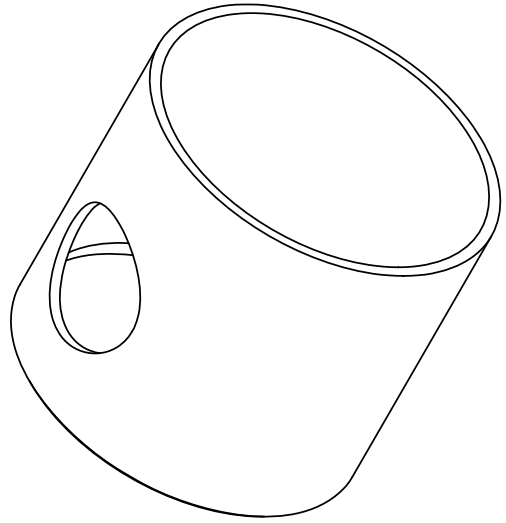


Lista de Componentes			
Ref.	Artigo	Descrição	Qtd.
1	N/D	Guiamento Rotula Ventosa	1
2	N/D	Eixo Rotula Ventosa	1
3	N/D	batente_rotula	1
4	N/D	fixacao_rotula	1

				Material : <i>Material <not specified></i> <div>IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto</div>				Peso : 0.7 Kg		Folha 1 / 1	
								Tratamento Superficial		Notas:	
Designação : Modulo Travao Ventosas		Artigo / Desenho: N/D *N/D*		 NP 327 - ISO 128							
A4		Data	Nome								
Des.		06-03-2013	N/D								
Verif.											
Aprov.		06-03-2013	R.Campilho								
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											
De		0.50	3	6	30	120	400	1000	2000		
Ate		3	6	30	120	400	1000	2000	4000		
Valor		± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2		



SECTION A-A



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

Material : Aco S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Ø101,6 esp=3,25mm
L=62mm

Peso : 0.67 Kg

Tratamento Superficial

Tipo

Área

N/D

N/D

N/D

Notas:

Folha

1 / 1

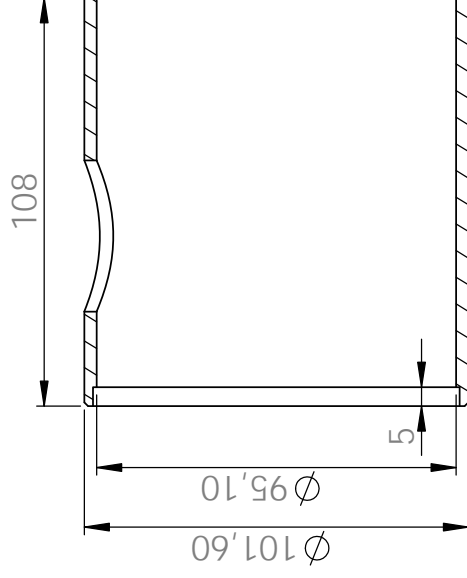
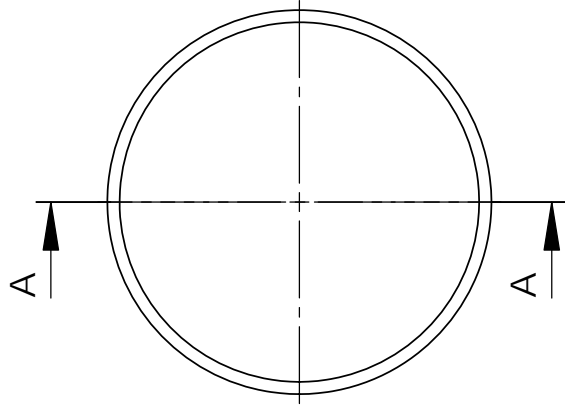
Escala

1:2

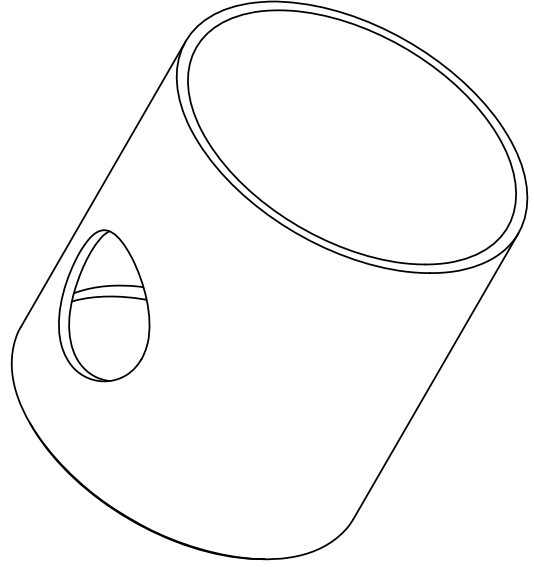
NP 327 - ISO 128

N/D


Artigo / Desenho: N/D

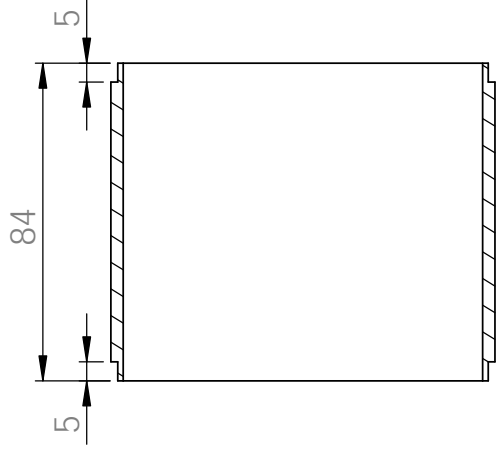
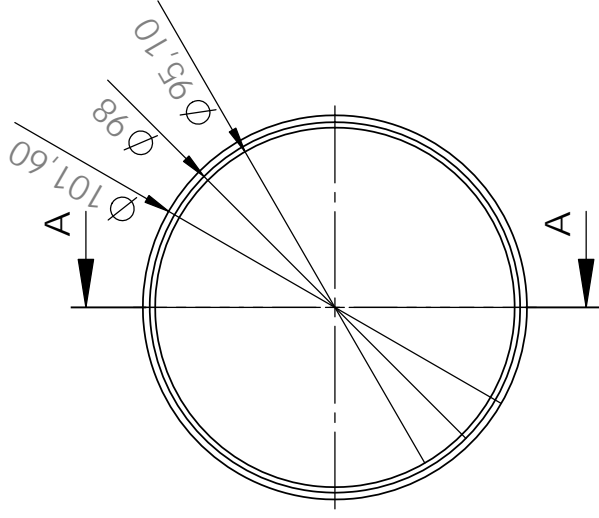


SECTION A-A

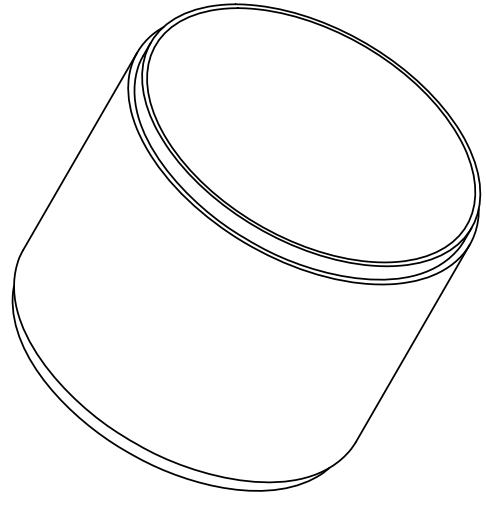




A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	<i>R.Campilho</i>
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO		
De	0.50	3 6 30 120 400 1000 2000
Ate	3 6 30 120 400 1000 2000	
Valor	± 0.10 ± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2	

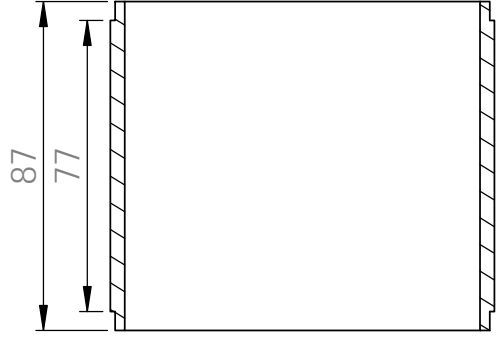
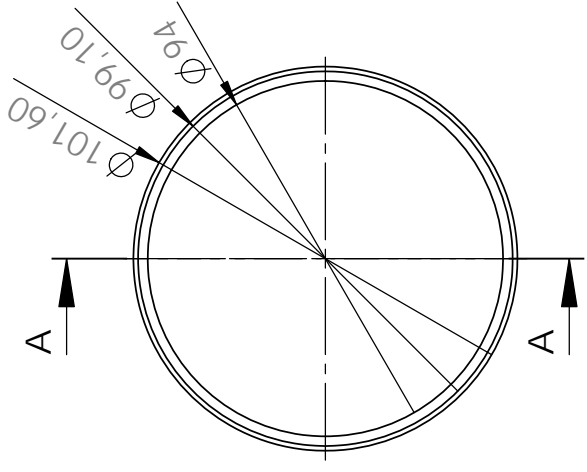
Material : Aco S 235					IPPP		Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 0.80 Kg		Folha 1 / 1				
Designação : Ø101,6 esp=3,25mm L=75mm										Tratamento Superficial					
										Tipo		Área			
										N/D		N/D			
										N/D		N/D			
										N/D		N/D			
Notas:										Escala 1:2					
INFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D			*N/D*		
0	0	120	400	1000	2000										
0	0	400	1000	2000	4000										
30	±0.50	±0.80	±1.2	±2											
												NP 327 - ISO 128			



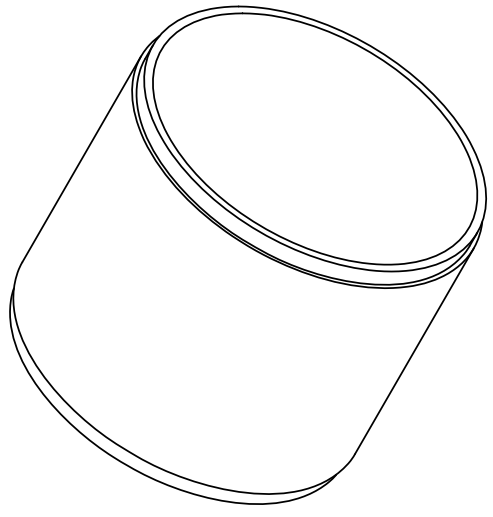
SECTION A-A





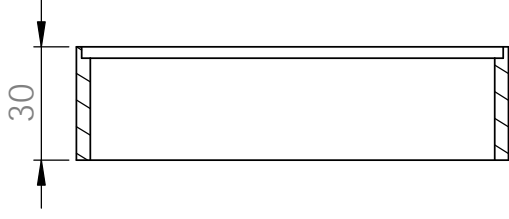
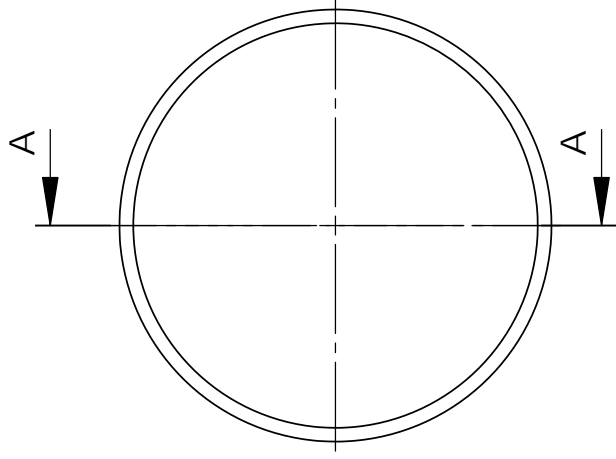
 H & M				Material : Aço S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : 0,61 Kg		Folha 1 / 1			
				Tratamento Superficial									
				Tipo									
				Área									
A4				Data				Nome					
Des.				23-02-2013				h.moreira					
Verif.													
Aprov.				23-02-2013				R.Campilho					
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO													
De		0,50		3		6		30		1000			
Ate		3		6		30		120		2000			
Valor		± 0,10		± 0,10		± 0,20		± 0,30		± 0,50			
										± 0,80			
										± 1,2			
										± 2			
Artigo / Desenho: N/D								*N/D*					
Notas:								 NP 327 - ISO 128					
Escala								1:2					




SECTION A-A




				Material : <i>ACO S275</i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : <i>0.76 Kg</i>		Folha <i>1 / 1</i>			
Designação : Ø101,6 esp=3,25mm L=87mm								Tratamento Superficial					
A4				Data		Nome		Tipo		Área			
Des.				25-02-2013		<i>h.moreira</i>		N/D		N/D			
Verif.								N/D		N/D			
Aprov.				25-02-2013		<i>R.Campilho</i>		N/D		N/D			
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO								Artigo / Desenho: <i>N/D</i>					
De				0.50		3 6 30		1000 1000 2000		*N/D*			
Ate				3 6 30		120 400 1000 2000 4000							
Valor				± 0.10 ± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2									
												NP 327 - ISO 128	



SECTION A-A

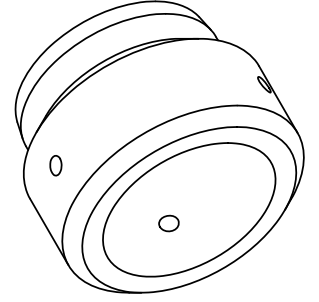
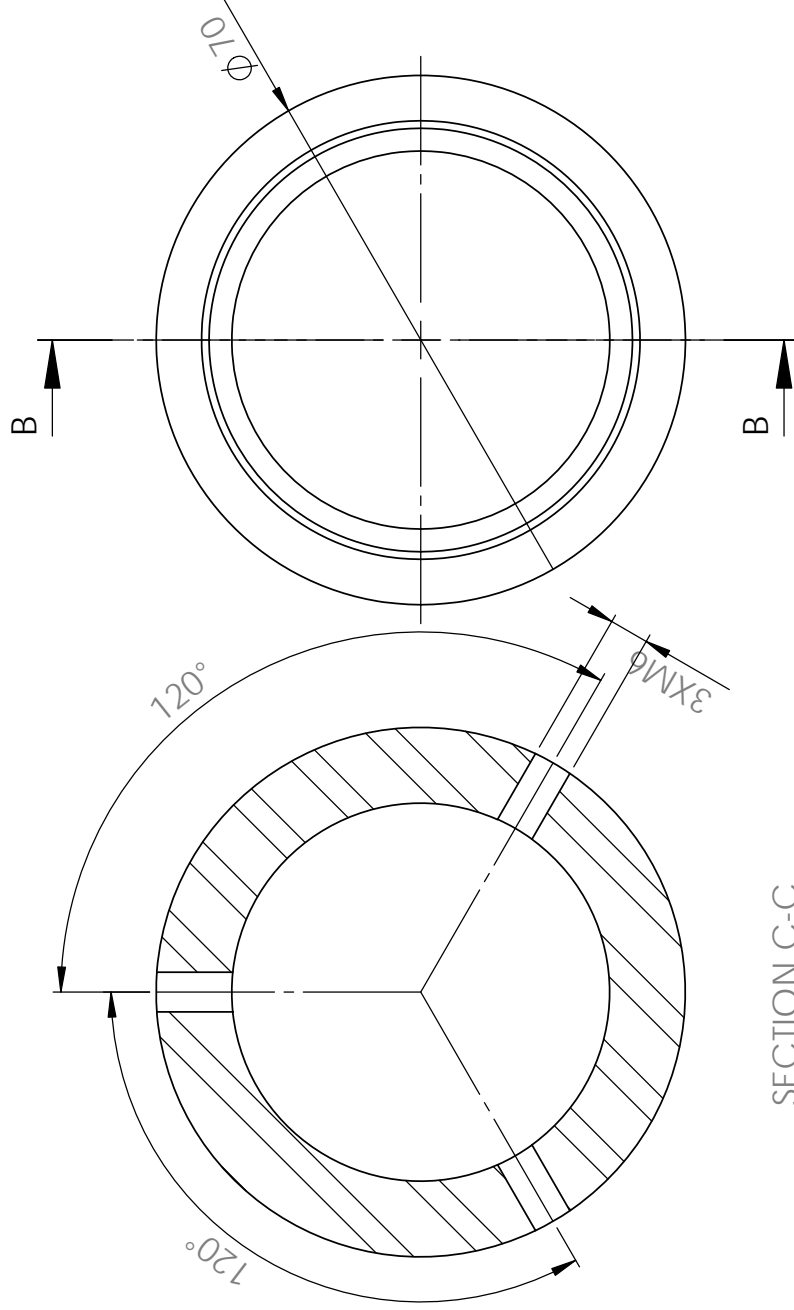
				Material : <i>Aço DCO3</i>				Material : <i>Aço DCO3</i>		Peso : 0.28 Kg		Folha <div>1 / 1</div>							
								IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto						Tratamento Superficial					
				Designação : Ø114.3 esp=3,25mm L=30mm										Tipo		Área			
														N/D		N/D			
A4		Data		Nome		Notas:													
Des.		23-02-2013		<i>h.moreira</i>															
Verif.																			
Aprov.		23-02-2013		<i>R.Campilho</i>															
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO												Artigo / Desenho: N/D		*N/D*					
De		0.50		3		6		30		120		400				1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000				2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80				± 1.2		± 2	



NP 327 - ISO 128

Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	h.moreira
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	R.Campilho

Material : Aço S 235

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Ø70 esp=11.5mm L=50mm
Anel fix pinhao inf elevacao

Peso : 0.54 Kg

Tratamento Superficial

Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Artigo / Desenho: N/D

N/D

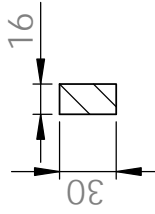
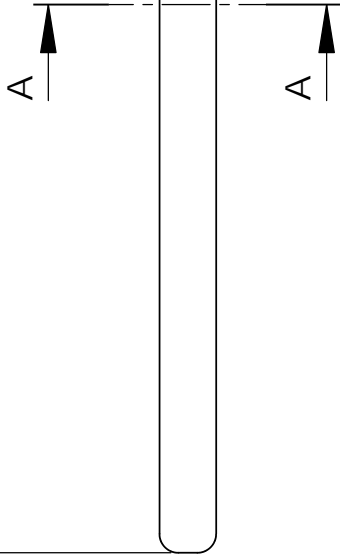
Escala
1:1



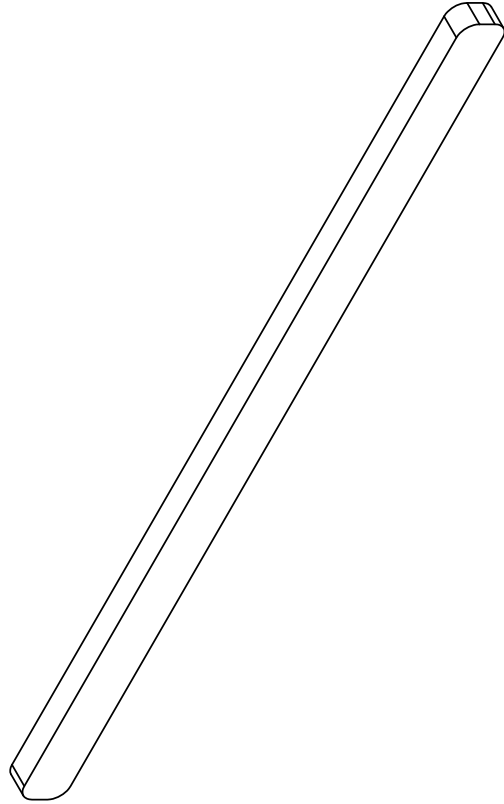
NP 327 - ISO 128

Folha
1 / 1

1 580



SECTION A-A



Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



A4 Data Nome
Des. 28-03-2013 h.moreira
Verif.
Aprov. 28-03-2013 R.Campilho

Material : Nylon 6/10

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Peca Polimero Guia Frente
Barras De Encosto

Peso : 387.84 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Folha

1 / 1

Escala

1:4

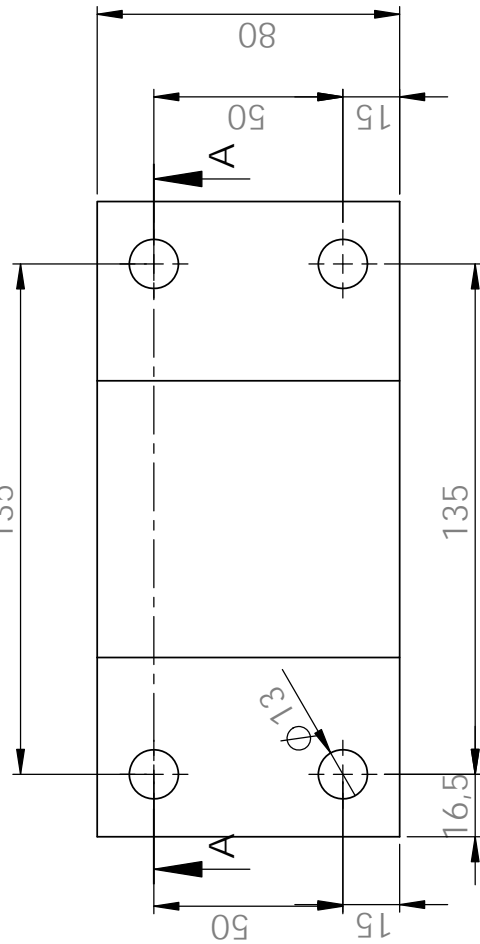
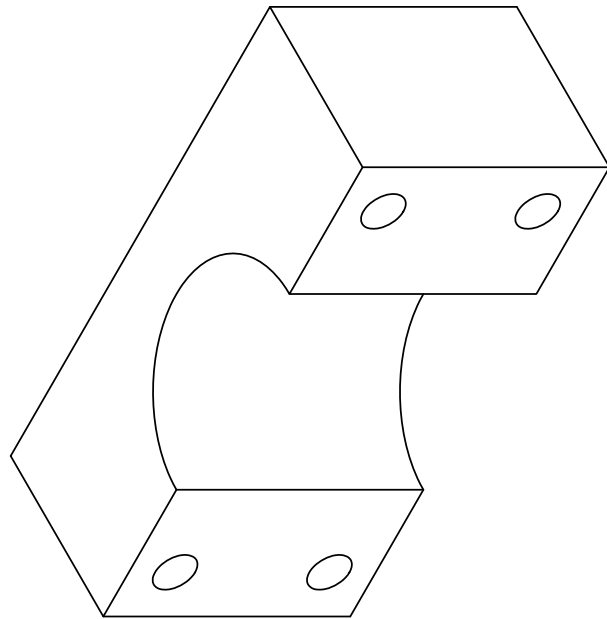
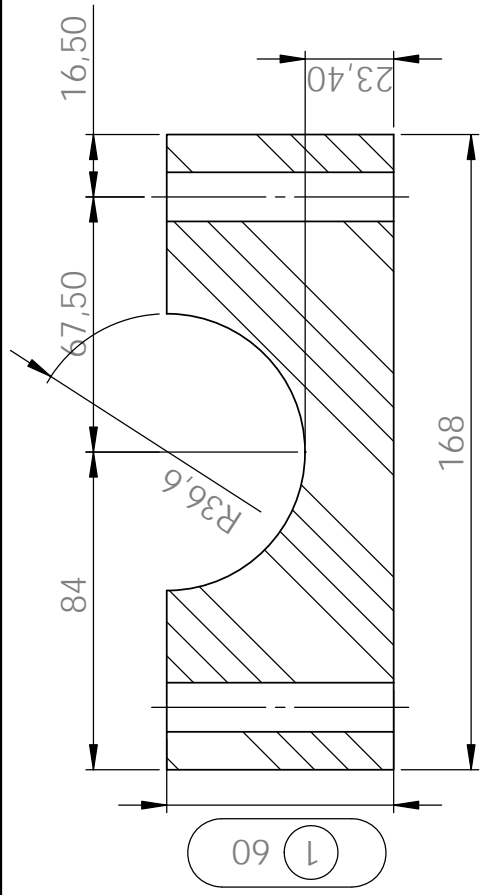


NP 327 - ISO 128

Artigo / Desenho: N/D

N/D

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	Valor	± 2
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2			



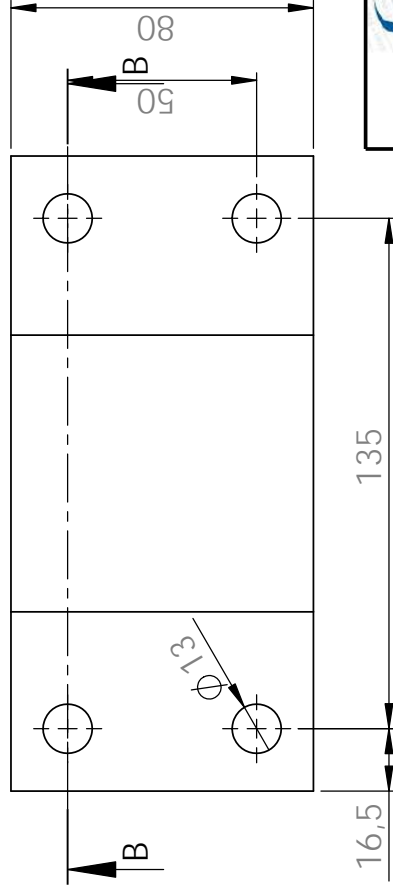
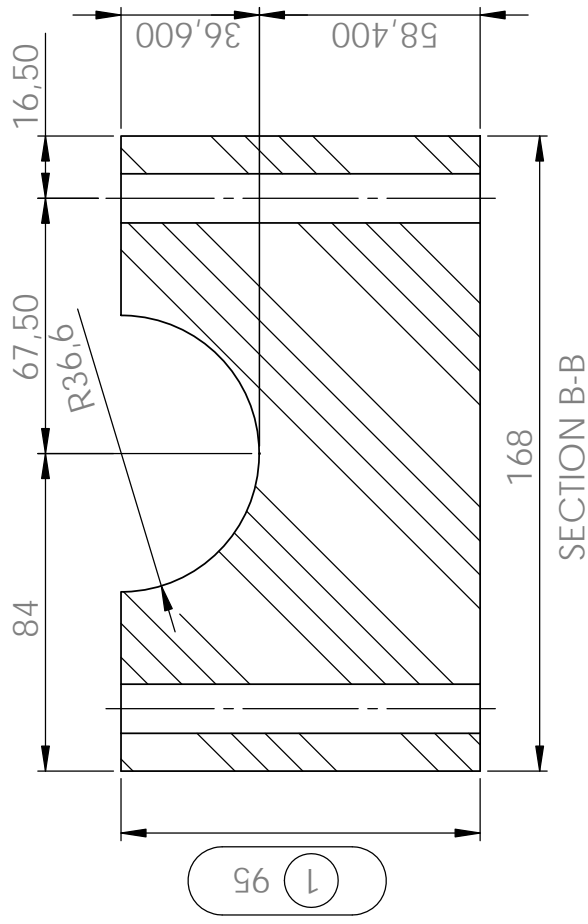
Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			

				Material : Nylon 6/10 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : 0.85 Kg		Folha 1 / 1			
Designação : Perfil Peca Polimero Peca Frente Chumaceira Sinc				A4		Data		Nome		Tratamento Superficial			
				Des.		23-02-2013		h.moreira		Tipo		Área	
				Verif.						N/D		N/D	
				Aprov.		23-02-2013		R.Campilho		N/D		N/D	
										N/D		N/D	
								Notas:					
								Escala 1:2					

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO								
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2

Artigo / Desenho: N/D		<div>*N/D*</div>

NP 327 - ISO 128



Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



A4	Data	Nome
Des.	28-03-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	28-03-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	4000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	

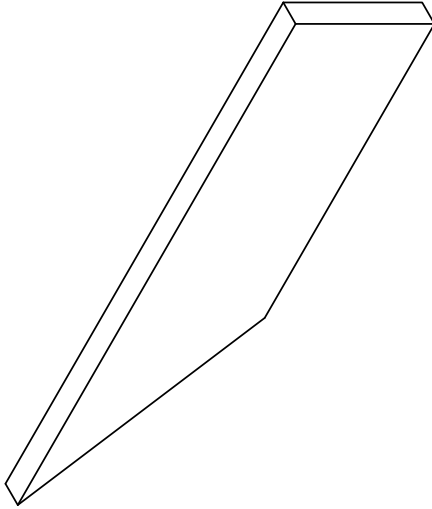
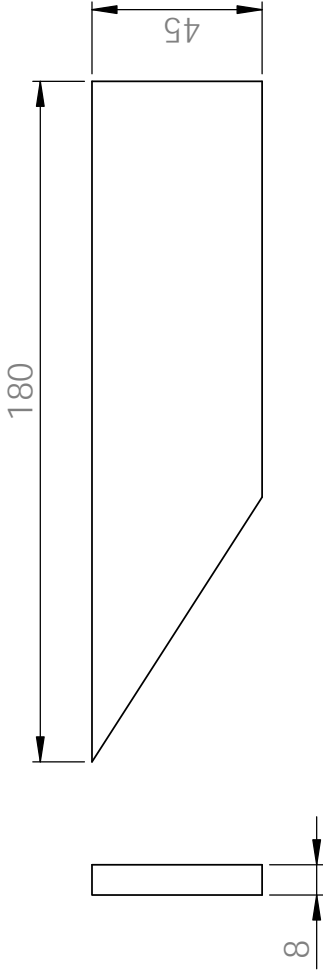
Material : Nylon 6/70		Peso : 1.48 Kg	
Instituto Superior de Engenharia do Porto		Tratamento Superficial	
Designação :		Tipo	
Perfil Peca Polimero Peca Posterior Chumaceira Sinc		Área	
		N/D	
		N/D	
		N/D	
		Notas:	



Artigo / Desenho: N/D		*N/D*	
-----------------------	--	-------	--

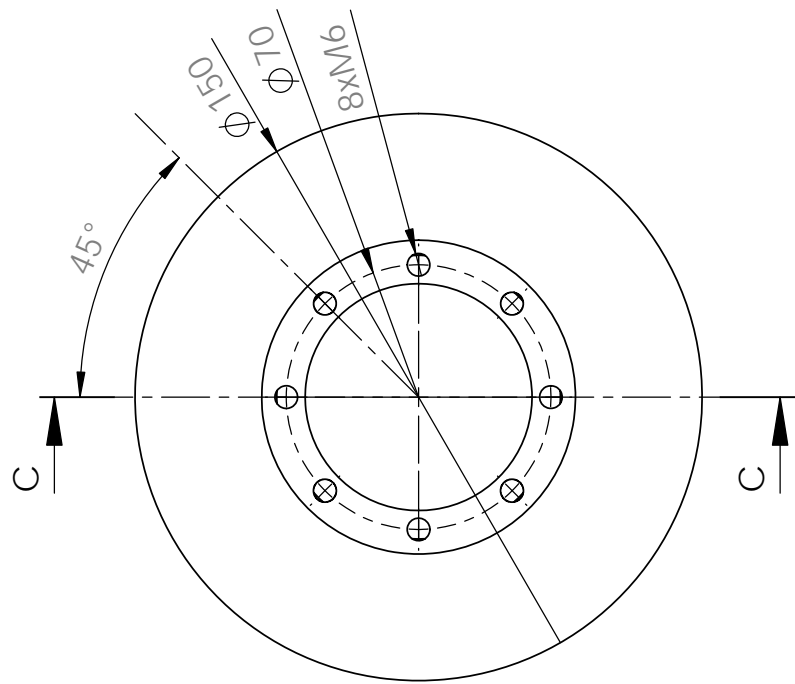
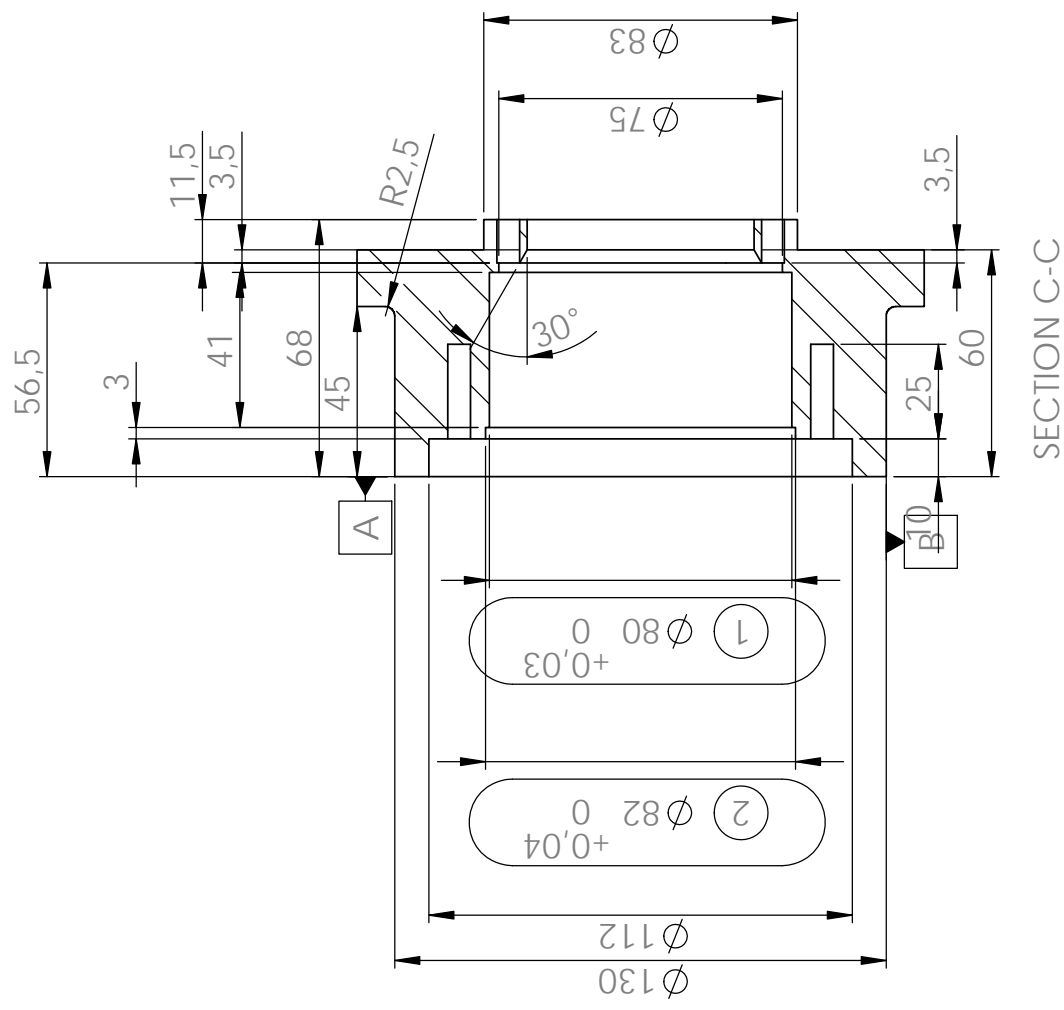
Folha	
1 / 1	

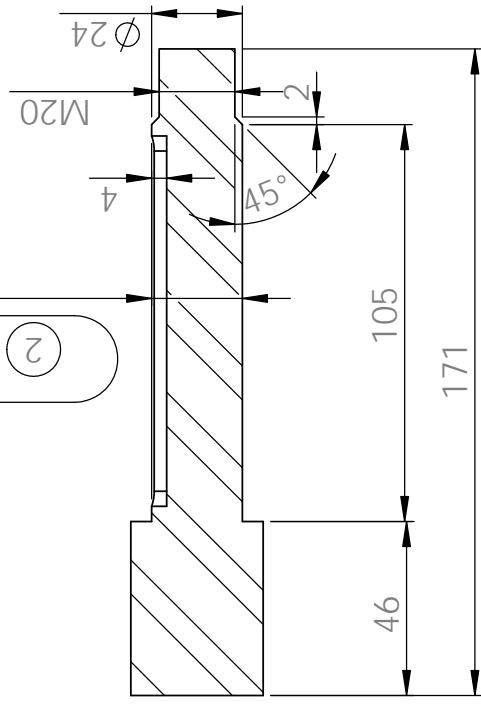
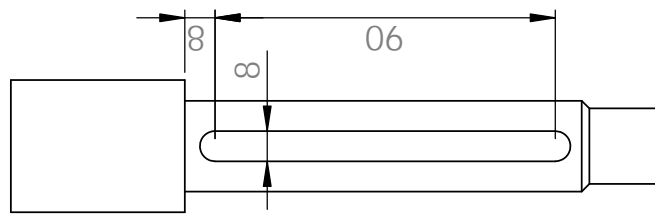
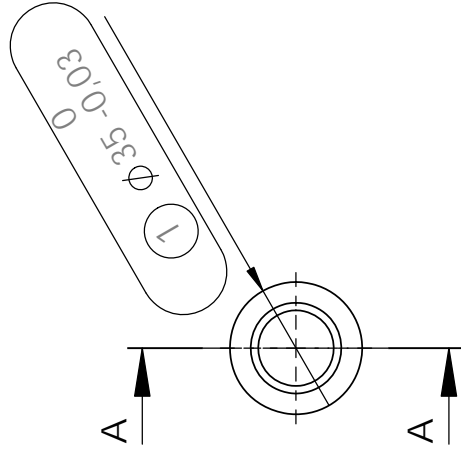
Escala	
1:2	

NP 327 - ISO 128	
------------------	--



				Material : ACO S 235 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : 0.41 Kg		Folha 1 / 1	
Designação : Reforço topo								Tratamento Superficial		Escala 1:2	
								Tipo			
								Área			
								Notas:			
A4				Data		Nome					
Des.				25-02-2013		h.moreira					
Verif.											
Aprov.				25-02-2013		R.Campilho					
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D	
De		0.50		3		6		30		2000	
Ate		3		6		30		120		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50	
										± 1.2	
										± 2	
										N/D	
											
										NP 327 - ISO 128	




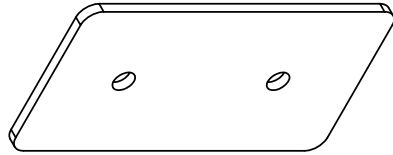
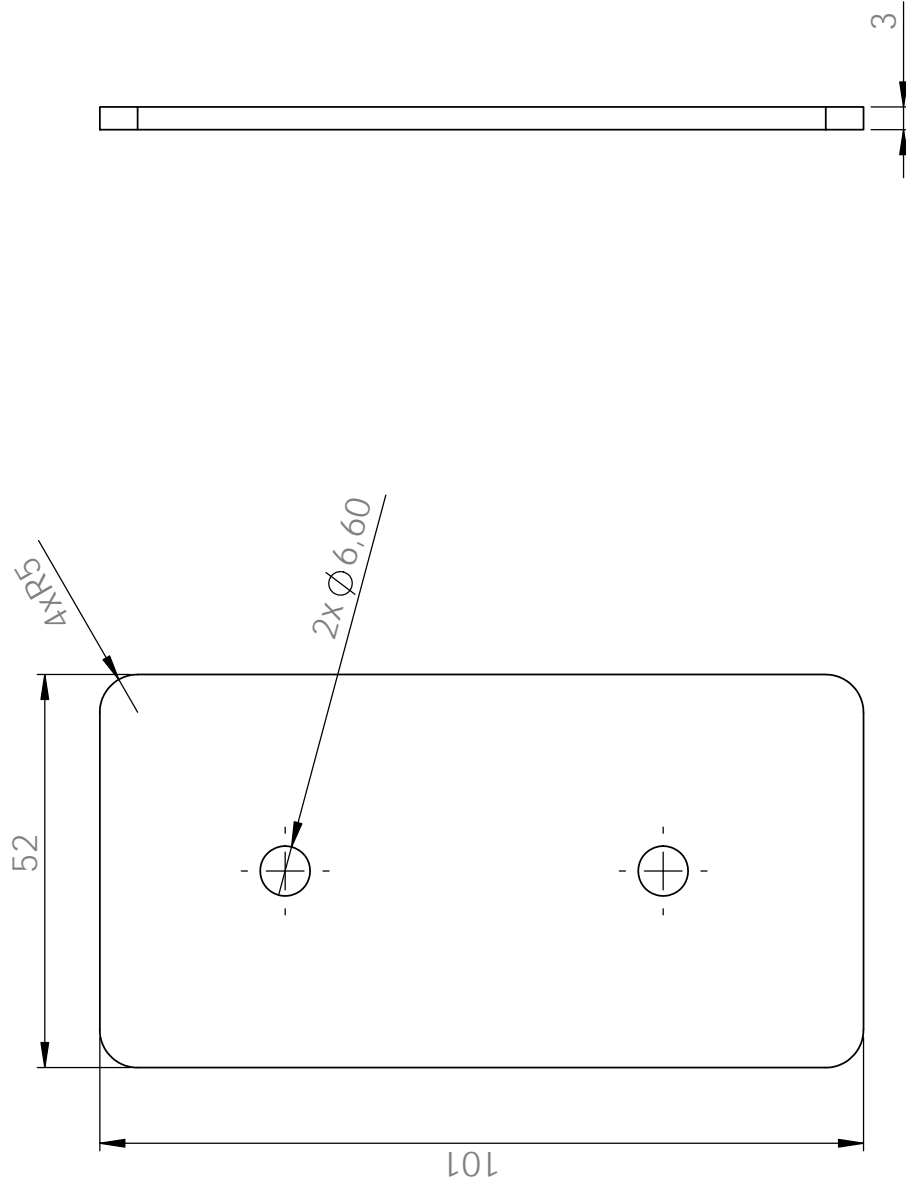



SECTION A-A
SCALE 1 : 2

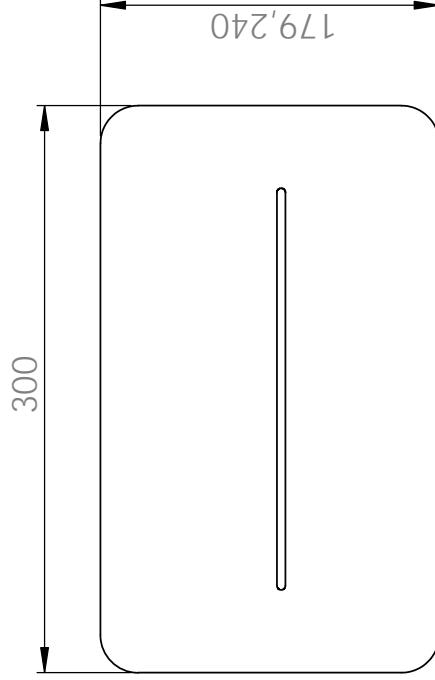
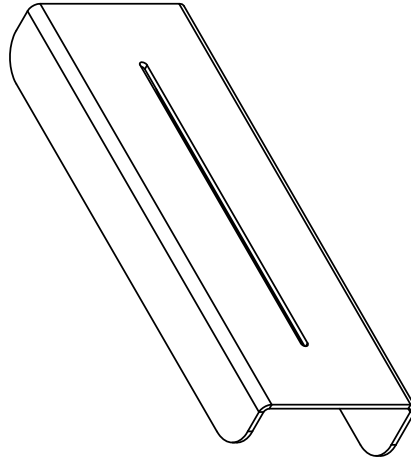
Relatório de ensaio dimensional



Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			
3			

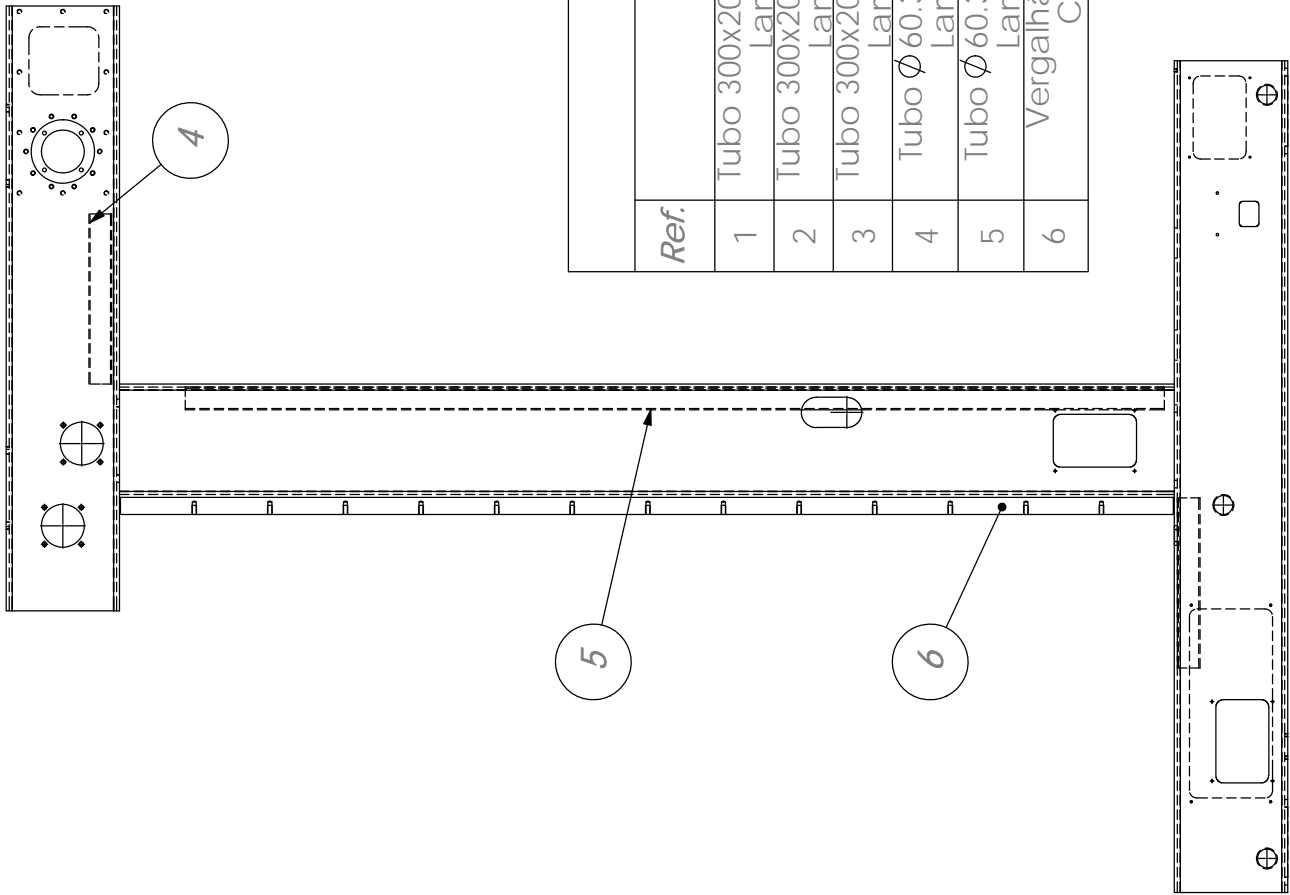
		Material : Aço S275 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 0.74 Kg	Folha 1 / 1
		Designação : S235 Veio Motor		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D	Assinatura
Des. 25-02-2013	Data 25-02-2013	Nome h.moreira	Artigo / Desenho: N/D		
Verif. 25-02-2013	Verif. 25-02-2013	Verif. R.Campilho	Notas:		
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO			*N/D*		
De 0.50	3	6	120	400	1000
Ate 3	3	6	120	400	1000
Valor ± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 1.2
2000	2000	2000	2000	2000	2000
4000	4000	4000	4000	4000	4000
± 2	± 2	± 2	± 2	± 2	± 2



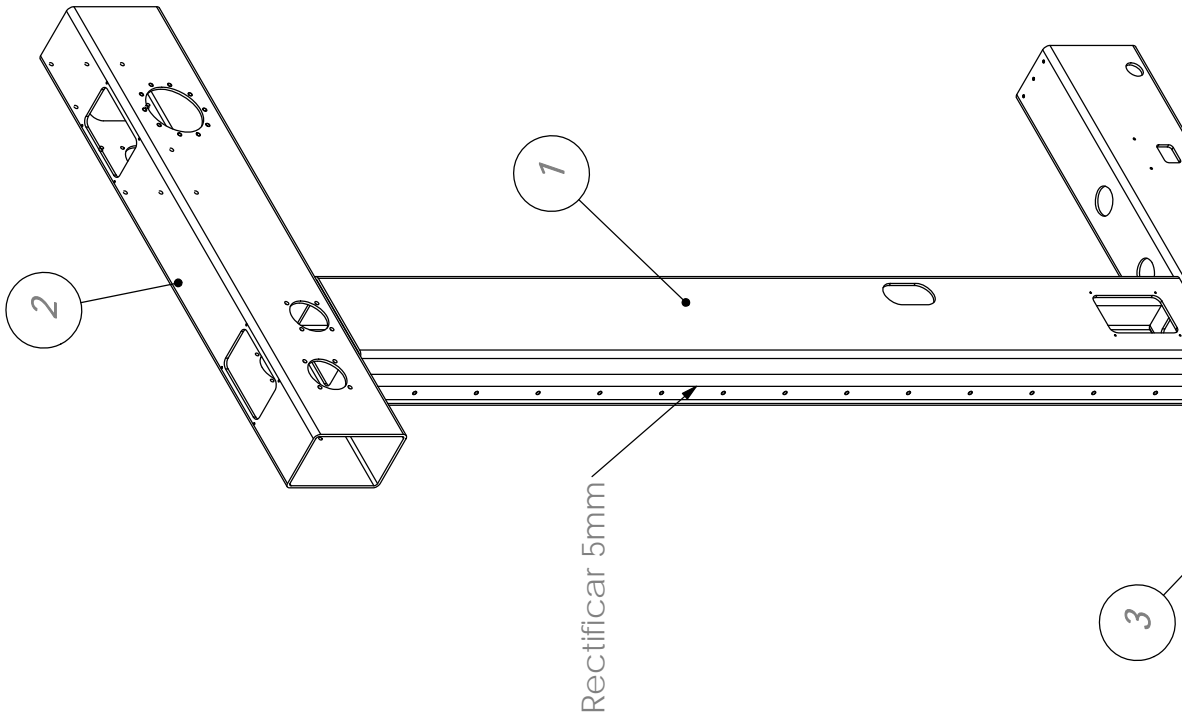
					Material : <i>Material <not specified></i>										Peso : 122.34 Kg		Folha 1 / 1	
					IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto										Tratamento Superficial Tipo N/D N/D N/D Notas:		Escala 1:1	
					Designação : Sensor Espelho 1													
A4		Data		Nome		Artigo / Desenho: N/D										*N/D*		
Des.		25-02-2013		h.moreira														
Verif.																		
Aprov.		25-02-2013		R.Campilho														
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO																		
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000		
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000		
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2		



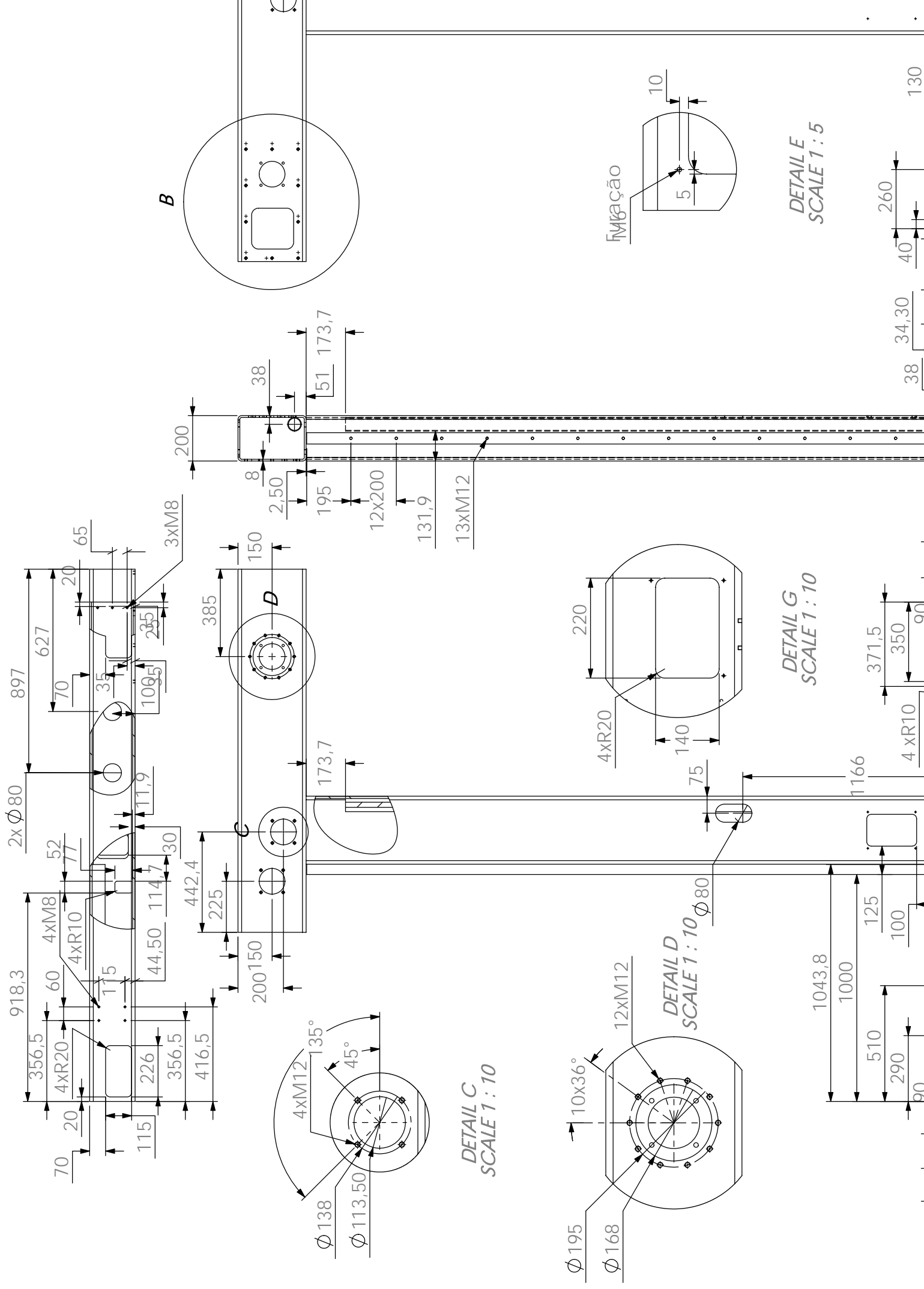
				Material : <i>Material <not specified></i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Peso : 1260.30 Kg		Folha 1 / 1		
				Designação : Sensor Espelho 2								
								Tratamento Superficial			Notas:	
								Tipo	Área			
A4		Data	Nome						Escala 1:4			
Des.		25-02-2013	h.moreira									
Verif.												
Aprov.		25-02-2013	R.Campilho									
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D *N/D*	 NP 327 - ISO 128	
De	0.50	3	6	30	400	1000	2000					
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000				
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2				



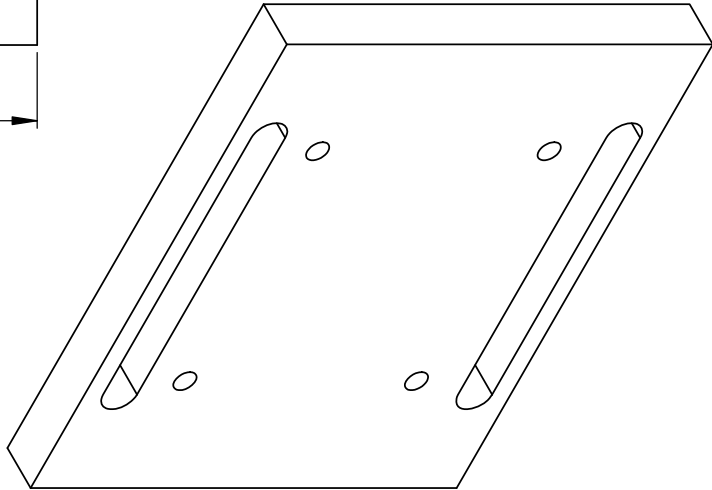
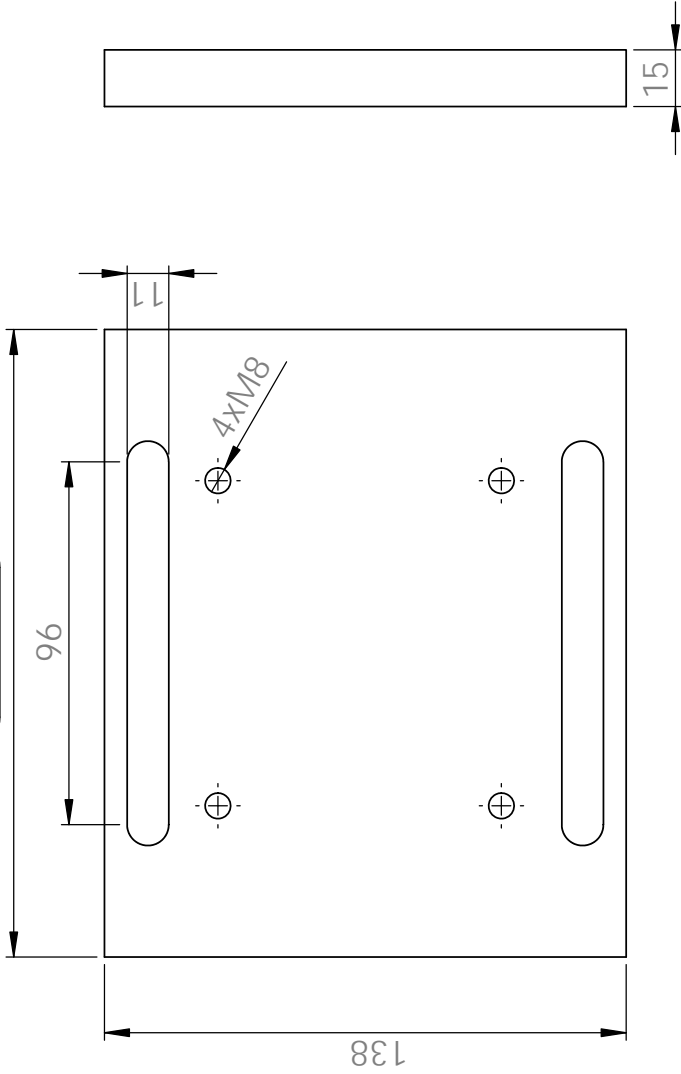
Ref.	Perfil
1	Tubo 300x200x8 AA\$ Lam. Quant
2	Tubo 300x200x8 AA\$ Lam. Quant
3	Tubo 300x200x8 AA\$ Lam. Quant
4	Tubo $\varnothing 60.3 \times 3.2$ AA\$ Lam. Quant
5	Tubo $\varnothing 60.3 \times 3.2$ AA\$ Lam. Quant
6	Vergalhão $\square 50$ S Calibrado




Rectificar 5mm

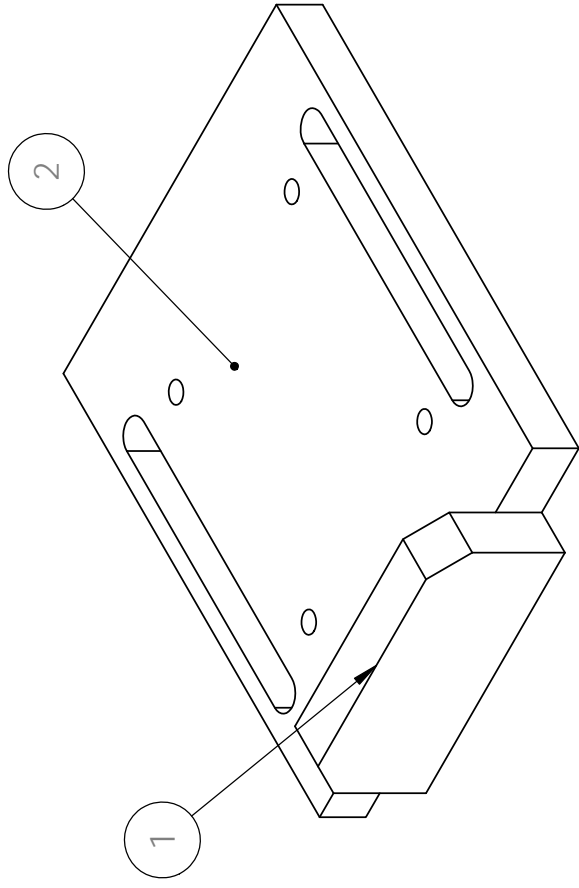
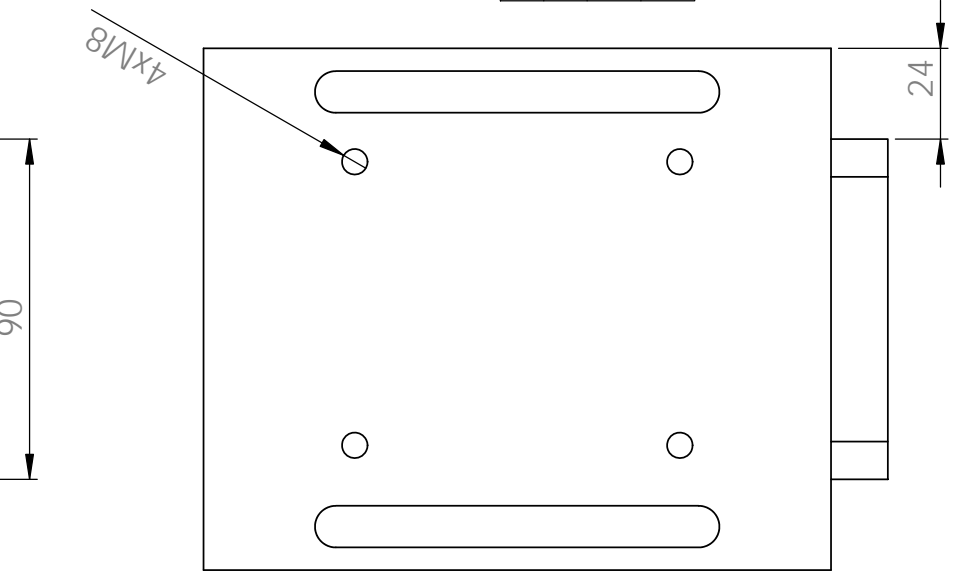
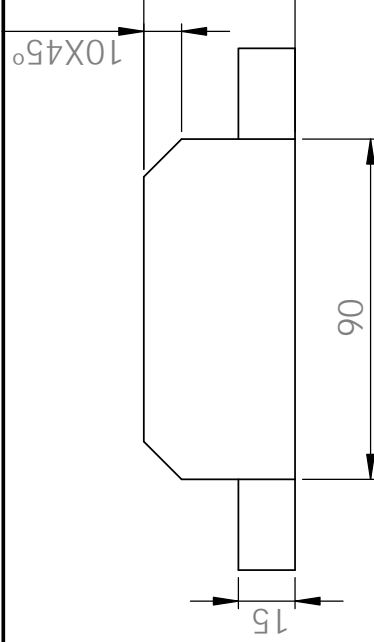


1 166



Relatório de ensaio dimensional			
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			

		Material : Aço S275 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 2394,15 Kg		Folha 1 / 1					
		Designação : Suporte/Apoio Aço Suporte Motor		Tratamento Superficial Tipo: N/D Área: N/D		Escala 1:2					
A4	Data	Nome	Artigo / Desenho: N/D *N/D*								
Des.	25-02-2013	h.moreira									
Verif.			Notas:								
Aprov.	25-02-2013	R.Campilho									
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO											
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000			
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2			



Lista de Componentes

Ref.	Artigo	Descrição	Qtd.
1	N/D	Barra fix estic motorred alim	1
2	N/D	Suporte/Apoio Aco Suporte Motor	1

A4	Data	Nome
Des.	25-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	25-02-2013	<i>R.Campilho</i>

Material : Aço S275
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Suporte/Apoio Aco Suporte Soldado Esticador

Peso : 2803.6 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

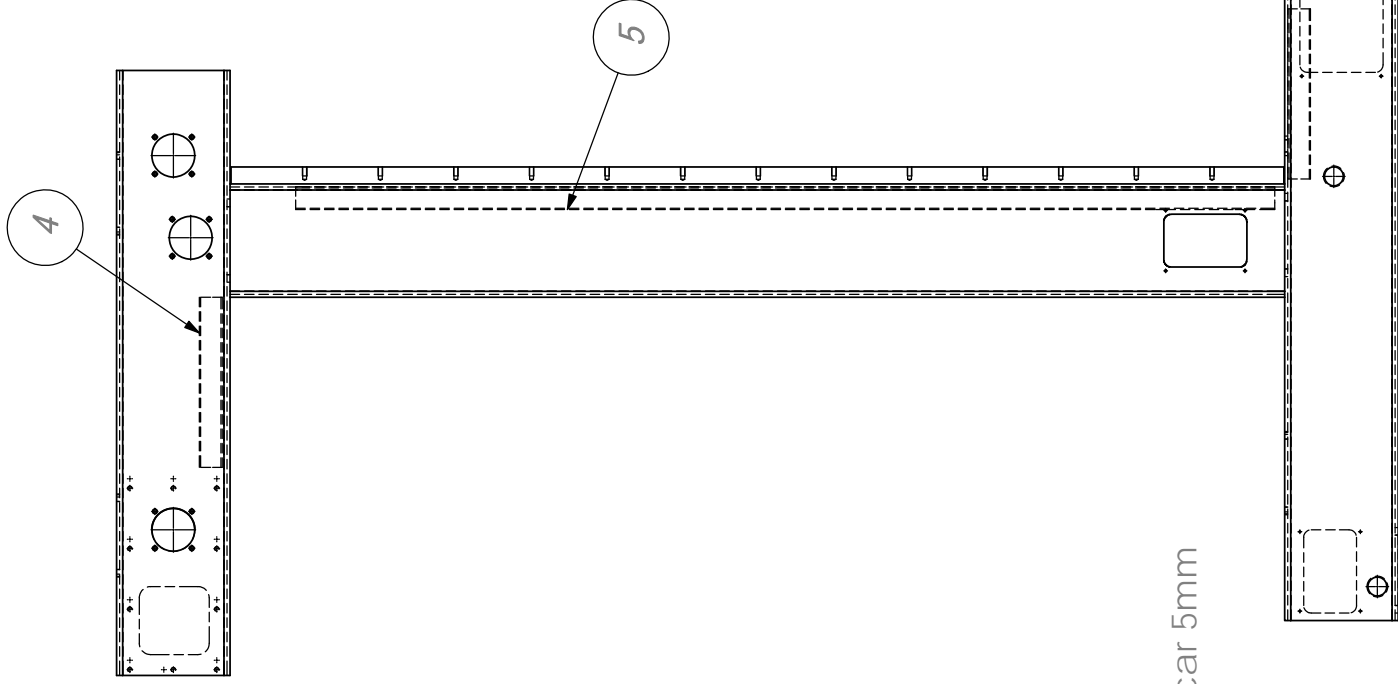
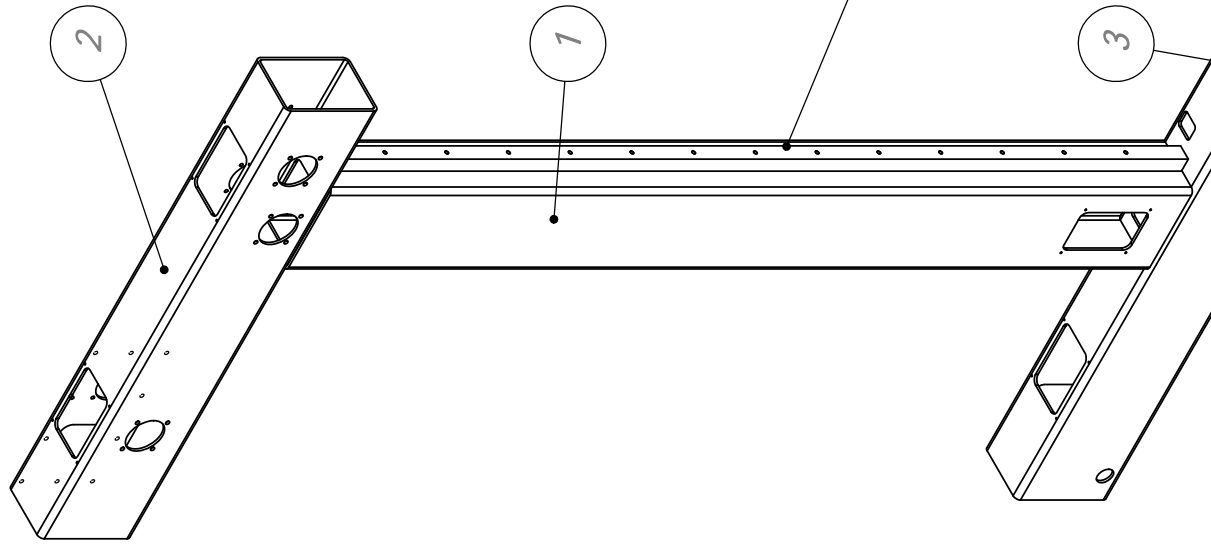
Folha
1 / 1

Escala
1:5

Artigo / Desenho: N/D

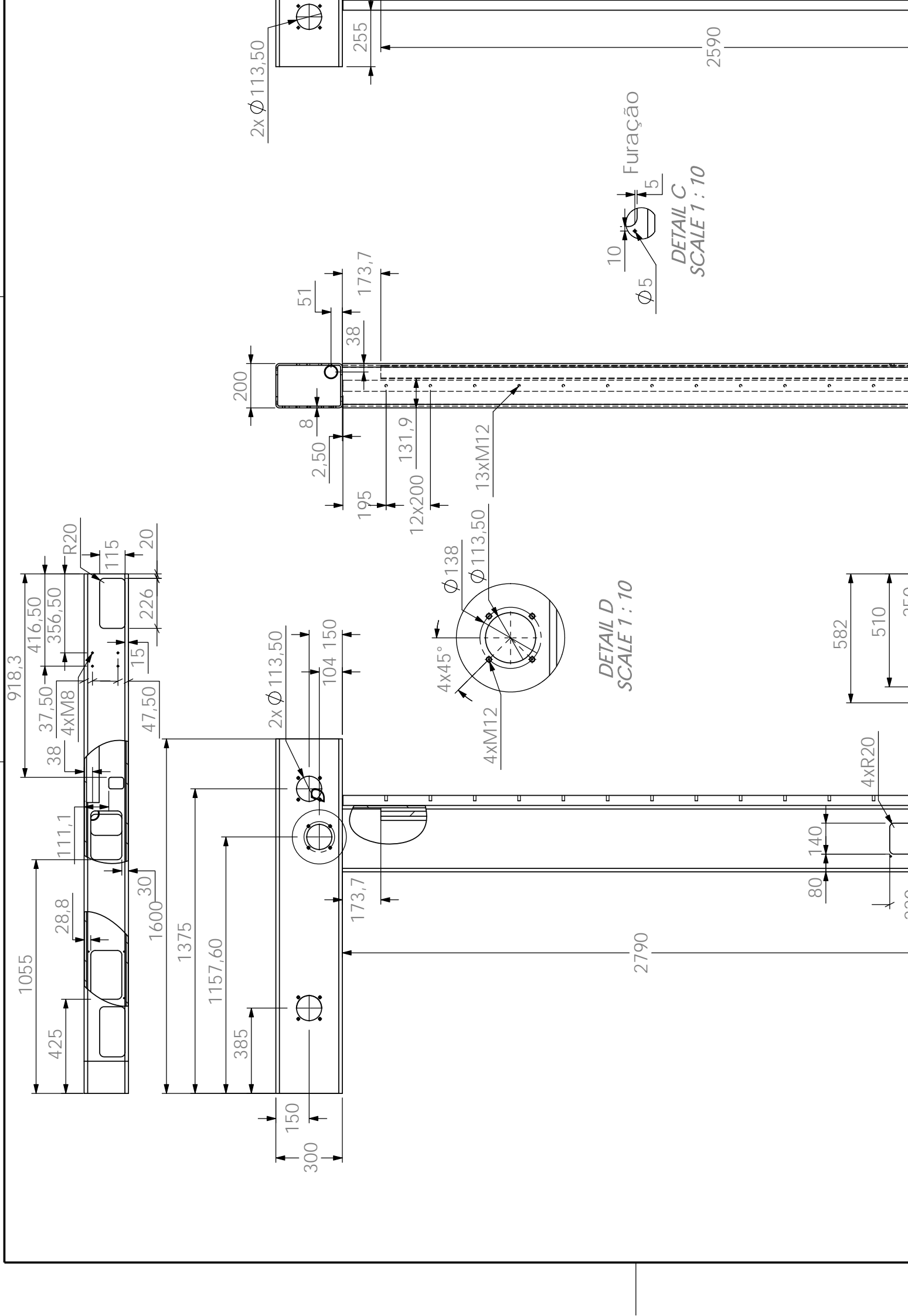
N/D

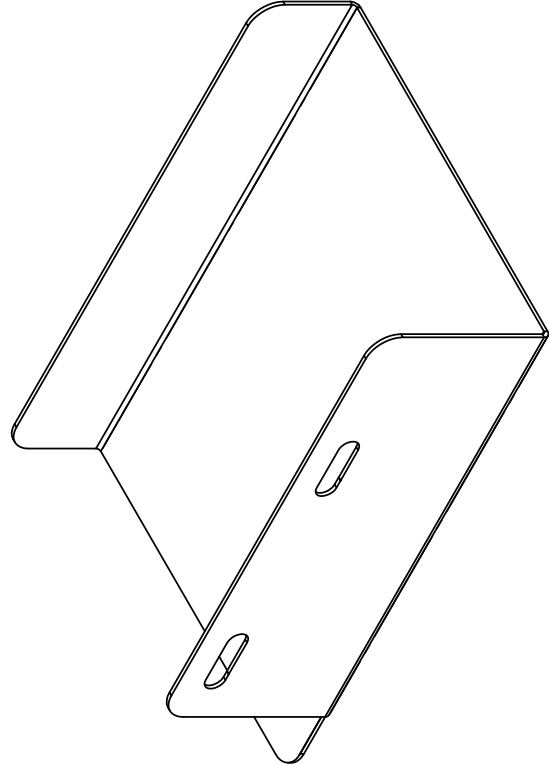
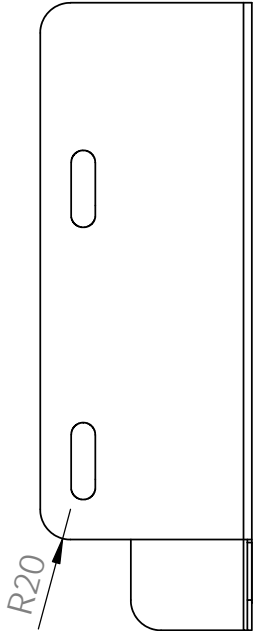
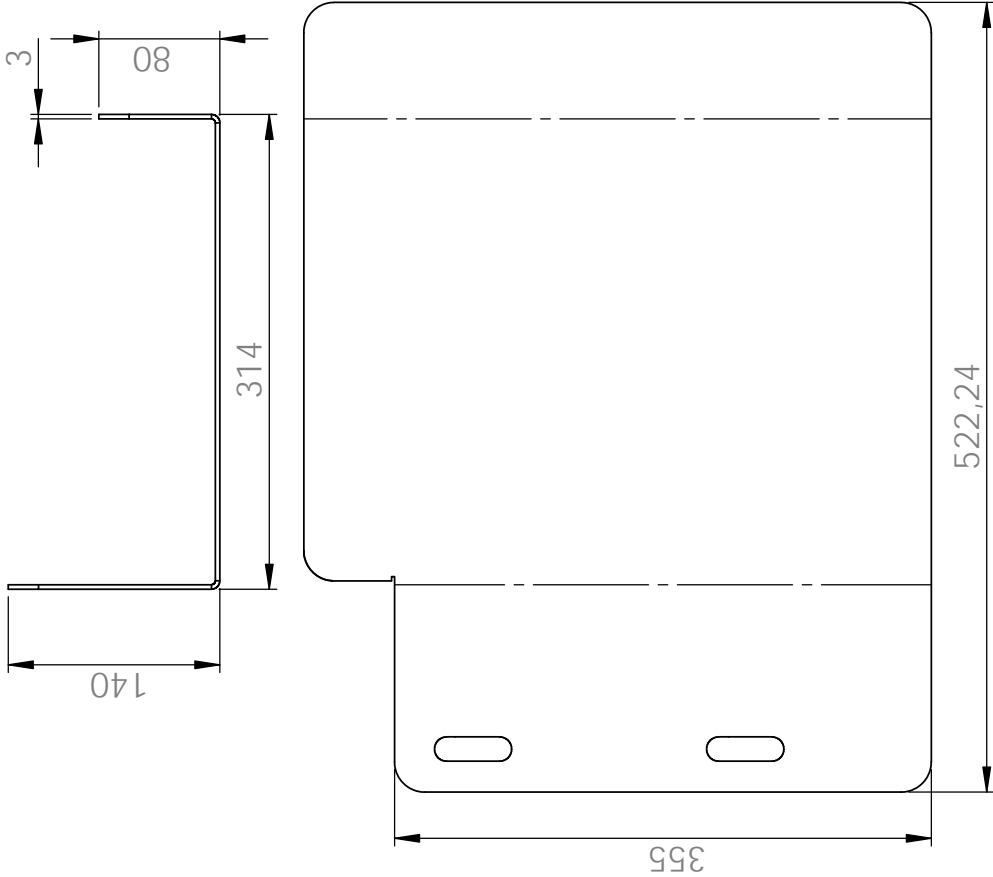
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO									
De	0.50	3	6	30	120	400	1000	2000	2000
Ate	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	4000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50	± 0.80	± 1.2	± 2	± 2




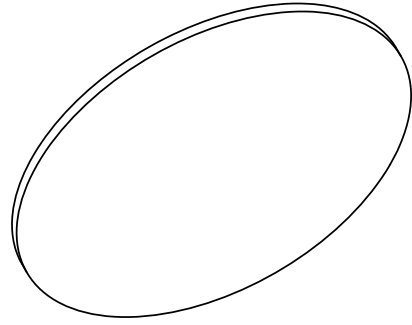
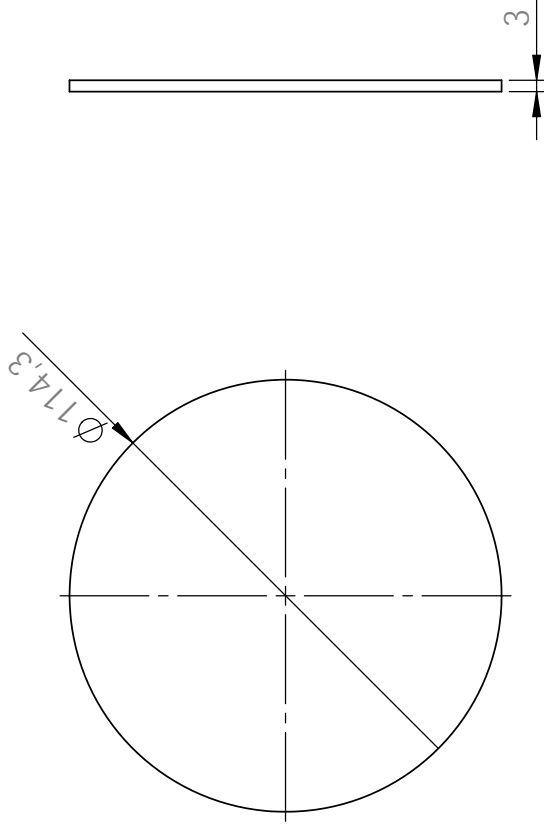
Ref.	Perfil
1	Tubo 300x200x8 AA500 Lam. Quente
2	Tubo 300x200x8 AA500 Lam. Quente
3	Tubo 300x200x8 AA500 Lam. Quente
4	Tubo Ø 60.3 x 3.2 AA Lam. Quente
5	Tubo Ø 60.3 x 3.2 AA Lam. Quente
6	Vergalhão □50 S Calibrado



Tubos P/ Passagem de Fios



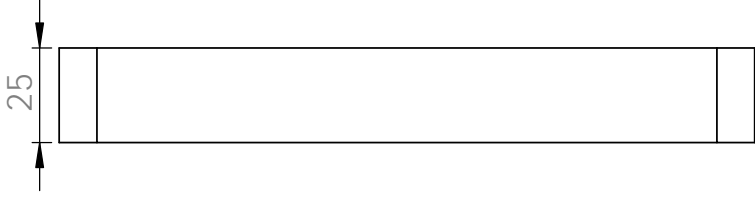
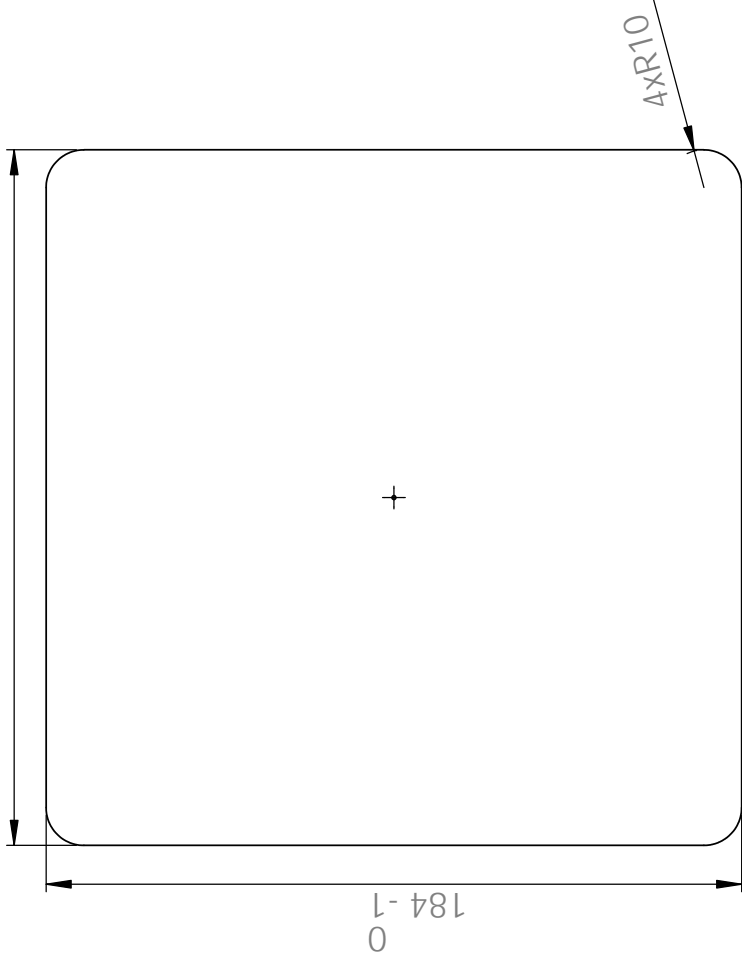


			Material : <i>Material <not specified></i> IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto					Peso : 4912.14 Kg		Folha 1 / 1									
			A4		Data		Nome		Tratamento Superficial		Escala 1:5								
			Des.		25-02-2013		h.moreira												
			Verif.																
			Aprov.		25-02-2013		R.Campilho												
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO										Artigo / Desenho: N/D		*N/D*							
De		0.50		3		6		30		120				400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400				1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2			



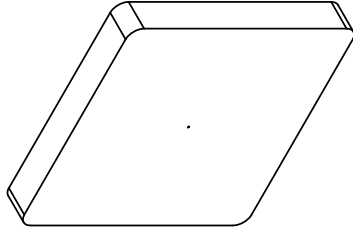
				Material : <i>Aço DCO3</i>				Peso : <i>0.24 Kg</i>				Folha <i>1</i> / <i>1</i>					
Designação : Tampa Protec Encoder Rot				IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial				Escala 1:2					
								Tipo		Área							
								<i>N/D</i>		<i>N/D</i>							
								<i>N/D</i>		<i>N/D</i>							
A4				Data		Nome		Notas:									
Des.				23-02-2013		<i>h.moreira</i>											
Verif.																	
Aprov.				23-02-2013		<i>R.Campilho</i>											
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO												Artigo / Desenho: <i>N/D</i>					
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
												N/D					
																	
												NP 327 - ISO 128					

1 184 -1⁰



Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			



Material : Aço S 235
IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :

Topo rot Elevacao

Peso : 6.59 Kg

Tratamento Superficial

Tipo

Área

N/D

N/D

N/D

Notas:

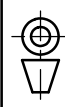
Folha

1 / 1

1

Escala

1:2



NP 327 - ISO 128

Artigo / Desenho: N/D

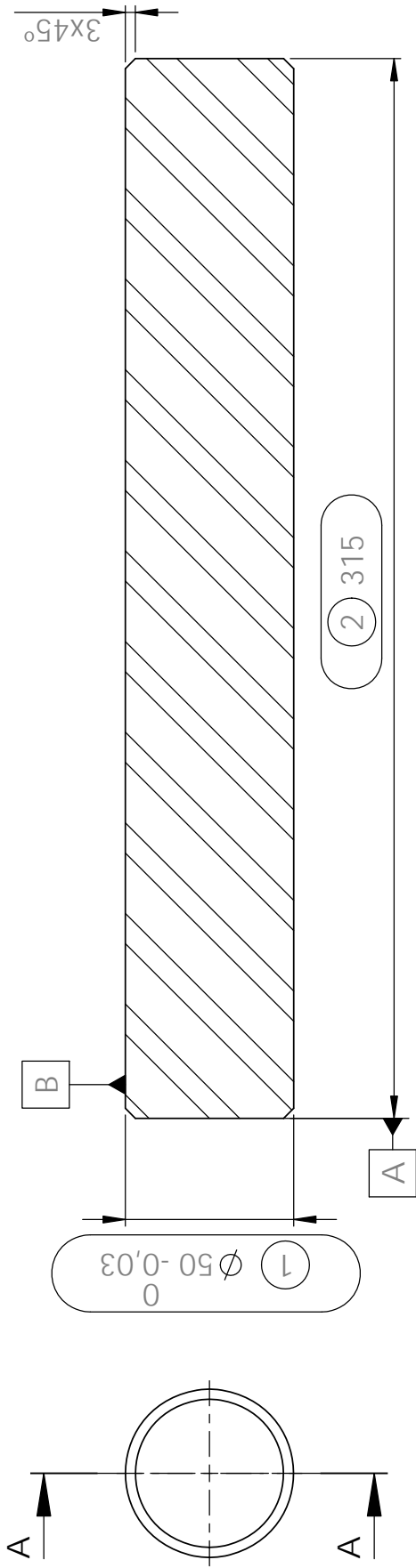
N/D

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO

De 0.50 3 6 30 120 400 1000 2000



Ate 3 6 30 120 400 1000 2000 4000

Valor ± 0.10 ± 0.10 ± 0.20 ± 0.30 ± 0.50 ± 0.80 ± 1.2 ± 2



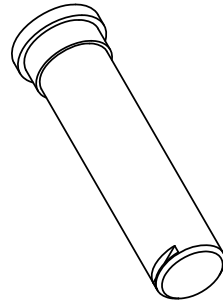
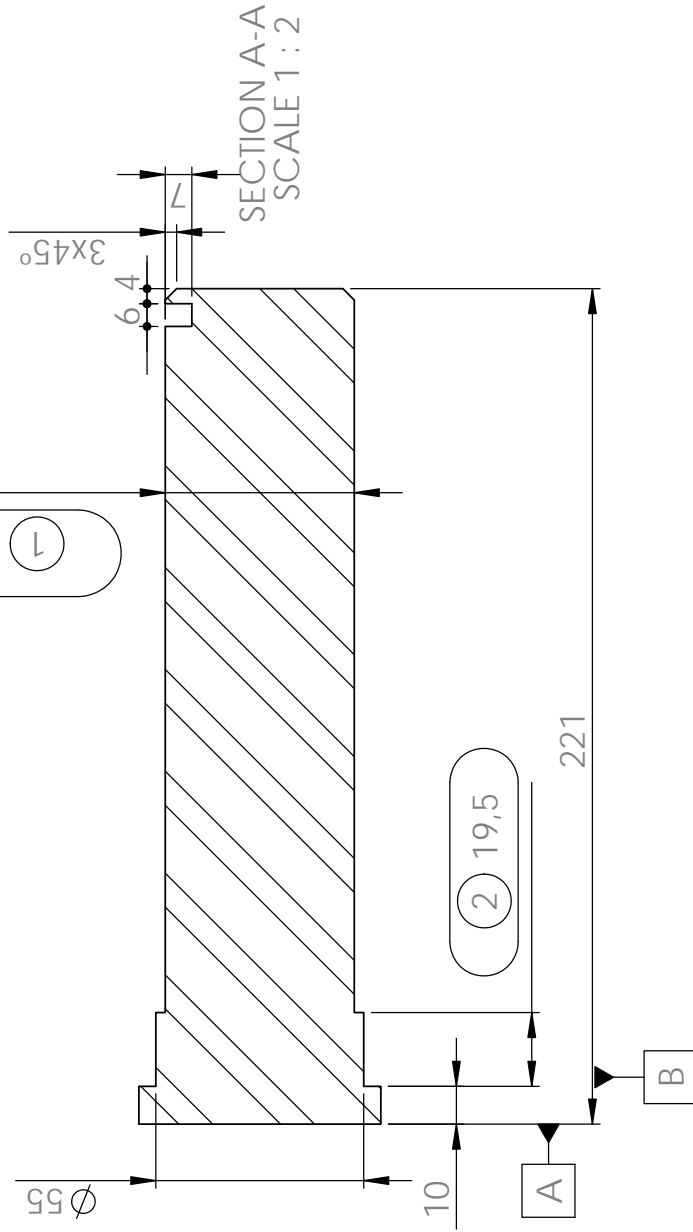
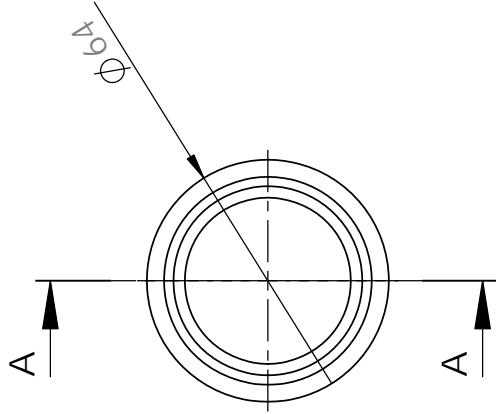
SECTION A-A
SCALE 1 : 2

Relatório de ensaio dimensional		
Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido
1		
2		
		Assinatura

				Material : AISI 304				Peso : 4.88 Kg				Folha 1 / 1					
Designação : Veio fix pinhao elev frt				IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto				Tratamento Superficial				Escala 1:5					
								Tipo		Área							
								N/D		N/D							
								N/D		N/D							
A4				Data		Nome		Notas:									
Des.				28-03-2013		h.moreira											
Verif.																	
Aprov.				28-03-2013		R.Campilho											
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO												Artigo / Desenho: N/D					
De		0.50		3		6		30		120		400		1000		2000	
Ate		3		6		30		120		400		1000		2000		4000	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.20		± 0.30		± 0.50		± 0.80		± 1.2		± 2	
N/D																	
																	
NP 327 - ISO 125																	

Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



A4	Data	Nome
Des.	23-02-2013	<i>h.moreira</i>
Verif.		
Aprov.	23-02-2013	<i>R.Campilho</i>

COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO					
De	0.50	3	6	30	1000
Ate	3	6	30	120	2000
Valor	± 0.10	± 0.10	± 0.20	± 0.30	± 0.50

Material : Aço S275

IPP
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Designação :
Veio fix pinhao elev inf

Artigo / Desenho: N/D

N/D

Peso : 3.53 Kg

Tratamento Superficial	
Tipo	Área
N/D	N/D
N/D	N/D
N/D	N/D

Notas:

Folha

1 / 1

Escala

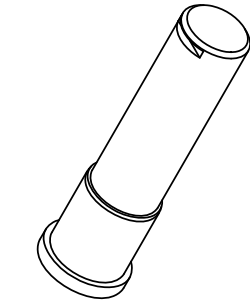
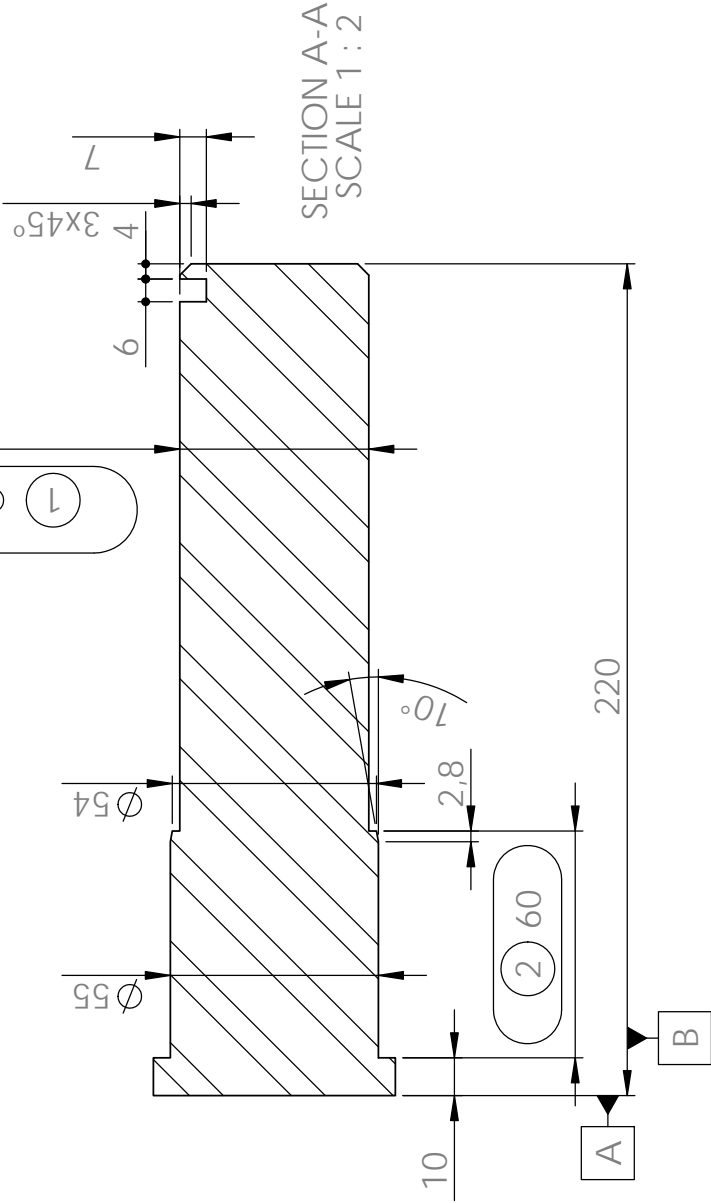
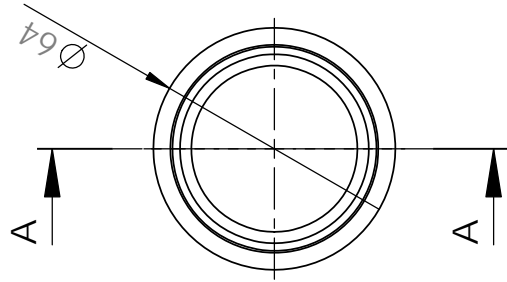
1:5





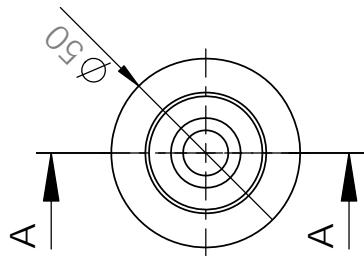
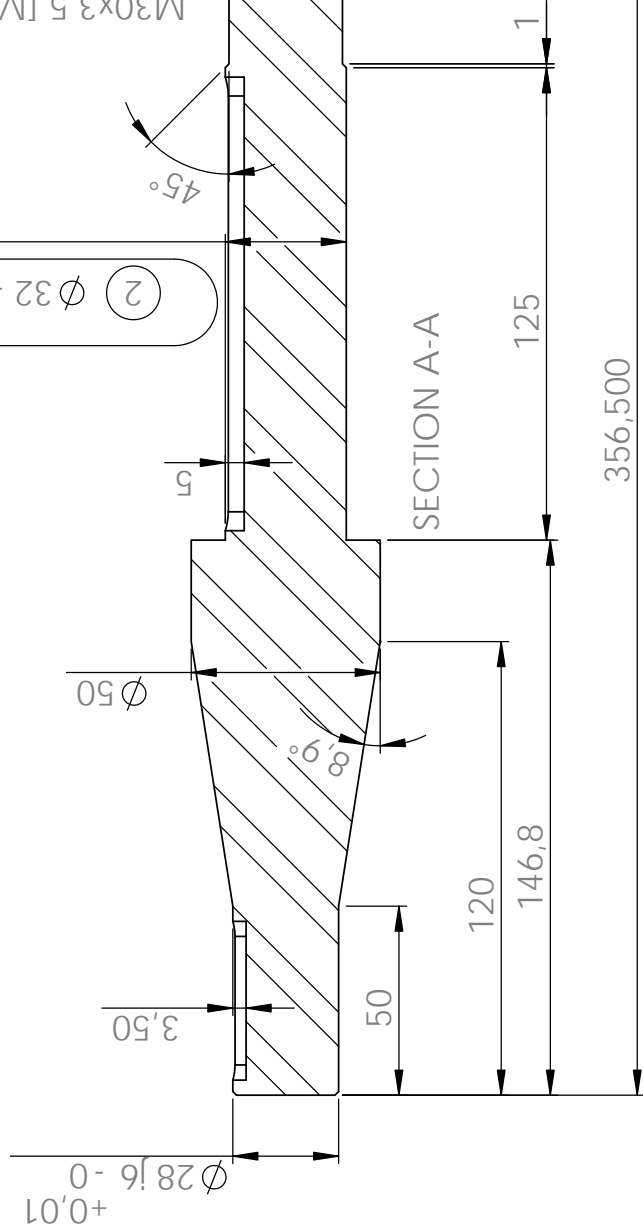
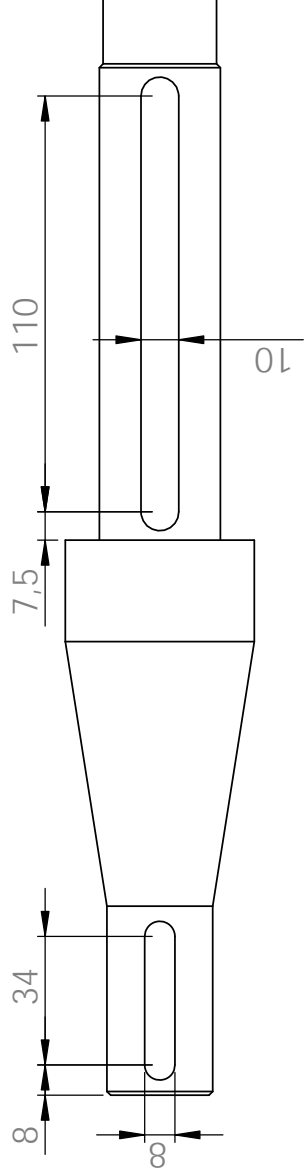
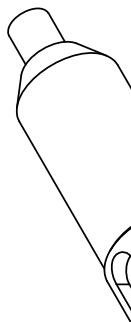
NP 327 - ISO 128

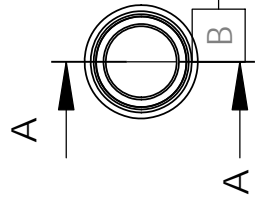
Relatório de ensaio dimensional

Cota	Nome/Número Equipamento	Valor medido	Assinatura
1			
2			



		Material : Aço S275 IPP Instituto Superior de Engenharia do Porto		Peso : 3.65 Kg		Folha 1 / 1	
		Designação : Veio fix roda carro		Tratamento Superficial Tipo: N/D, N/D, N/D Área: N/D, N/D, N/D Notas:		Escala 1:5	
Artigo / Desenho: N/D		*N/D*		 NP 327 - ISO 128			
A4		Data		Nome			
Des.		23-02-2013		h.moreira			
Verif.							
Aprov.		23-02-2013		R.Campilho			
COTAS SEM INDICAÇÃO DE TOLERÂNCIA CONFORME DIN ISO 2768-1 : 1989 (E) MEDIO							
De		0.50		3		6	
Ate		3		6		30	
Valor		± 0.10		± 0.10		± 0.30	
						± 0.50	
						± 0.80	
						± 1.2	
						± 2	





A



330

531,5

565

645

1 $\phi 48^0_{-0,03}$

$\phi 63$
 $\phi 50$

2 $\phi 73^0_{-0,03}$

20°

20°

SECTION A-A
SCALE 1 : 5

4 4306,500

5 5437,500

1,5x45°